Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Prof. Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Die Belastung einer elastischen Unterlage durch einen starren Körper im Hinblick auf einige Probleme der prothetischen Zahnheilkunde

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
HORST PFAU
aus Stuttgart

1963

7478

Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Prof. Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Die Belastung einer elastischen Unterlage durch einen starren Körper im Hinblick auf einige Probleme der prothetischen Zahnheilkunde

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
HORST PFAU
aus Stuttgart

1963

Dekan: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

1. Berichterstatter: Dozent Dr. Erich Körber

2. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Fotodruck PRÄZIS · Tübingen

Meinen Eltern gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547601_0064

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

I. Einleitung
A. Problemstellung 1
B. Literaturübersicht 2

II. Experimenteller Teil
Das Meßgerät 4
a) Meßanlage der Versuchsreihe A 6
b) Eichung des nicht isolierten Druckaufnehmers 7

Versuchsreihe A
Modellversuch über die Belastungsverteilung unter einer belasteten Platte auf elastischer Unterlage 8
a) Versuchsanordnung 8
b) Durchführung der Versuche 9
Versuch I 9
Versuch II 14
Versuch III 18
Versuch IV 22

Versuchsreihe B
1. Disposition 26
2. Meßanlage der Versuchsreihe B 26
3. Einbau des Druckgebers in eine Prothese 27
4. Die Eichung 30
5. Durchführung des Versuchs 31
6. Auswertung der Registrierstreifen 31
7. Ergebnisse
a) Registrierstreifen der Belastungsversuche 32
b) Protokollblätter der Versuchspersonen 39
c) Zusammenstellung der Ergebnisse 49
8. Diskussion der Ergebnisse 55
9. Folgerungen 56
10. Zusammenfassung 56

Literaturverzeichnis 58

Anhang

Lebenslauf

I. EINLEITUNG.

A. PROBLEMSTELLUNG.

Die Eingliederung einer Totalprothese stellt an die Gewebe, die als Prothesenlager in Anspruch genommen werden, große Forderungen. Wir kennen die chemisch-toxischen bzw. allergischen Schädigungen der Schleimhaut; sie lassen sich meist durch geeignete Wahl des Prothesenmaterials ausschalten. Ein bakteriologischer Einfluß ist durch eine geeignete Prothesenpflege zu verhindern. Die mechanischen Schädigungen aber sind das Sorgenkind des Prothetikers. Wir sind gezwungen, eine an sich starre Prothese auf ein unterschiedlich elastisches Prothesenlager zu bringen. Das Prothesenlager, bestehend aus den Weichteilen, der Mundschleimhaut, dem Periost und dem Kieferknochen, gibt während des Kauens nicht unbedeutend nach. Dies ist bedingt durch die Nachgiebigkeit der Schleimhaut (Resilienz) und durch die dem Knochen eigene Elastizität. Die dadurch hervorgerufenen Kippungen der Prothesen verursachen eine fortdauernde ungleichmäßige Pressung, Quetschung und Scherung dieser Gewebe. E. Fröhlich, H. van Thiel, R. Voß, K. Häupl, M. Spreng und andere haben nachgewiesen, daß eine ungleichmäßige Belastung dieser Gewebe eine Deformation und einen Umbau nach sich zieht. Diese Tatsache stellt an den Prothetiker die Forderung, Prothesen herzustellen, die sowohl durch ein Höchstmaß an Paßgenauigkeit als auch durch eine statisch richtige Aufstellung der Zähne diesen Prozeß auf ein Minimum beschränken.

Die Aufgabe dieser Arbeit besteht darin, festzustellen, welche Kräfte unter einem starren Körper auftreten, der auf einer elastischen Unterlage vertikal belastet wird. Außerdem soll die Frage erörtert werden: "Welche Kräfte werden von einer Oberkiefertotalprothese während des Kauens von verschiedenen Speisen auf den harten Gaumen übertragen?".

B. LITERATURÜBERSICHT.

Beim Überblick über die Literatur muß man feststellen, daß nur weinige Versuche unternommen wurden, die in direkter Beziehung zur Aufgabe dieser Arbei stehen.

R. Voß und H. Schwickerath haben in Modellversuchen die Druckver teilung vertikaler statischer Kräfte auf eine Fläche bzw. deren elastischer Unte lage untersucht. R. Voß belastete eine 50 x 70 mm große, auf Gummi liege de, starre Fläche mit 4 kp. Aus der Einsinktiefe, die vom Ort der Belastung abhängt, berechnete er die Druckverteilung auf der elastischen Unterlage. Er konn zeigen, daß bei exzentrischer Belastung einer starren Fläche auf der einen Seite hohe Randspannungen, auf der anderen Seite Zugkräfte entstehen. Wird der Prot senbasis eine 35 cm^2 große Fläche zugrundegelegt, so findet man einen Ort, be dessen Belastung die Druckverteilung auf der elastischen Unterlage am besten ist Dieser Ort liegt in der Gegend des 2. Praemolaren und 1. Molaren.
H. Schwickerath verfuhr ähnlich; er belastete einen auf Gummi liegende Eisenstab. Mit einer mechanischen Meßuhr registrierte er das verschieden tiefe Einsinken des Stabes. Aus der Einsinktiefe, die er proportional der Belastung setz berechnete er seine Druckkurven.

Uns schienen diese Methoden unzureichend, da ein elastischer Körper bei zunehmender Belastung eine Änderung des E-Moduls erfährt.

H. Schlampp untersuchte im Zusammenhang mit weichbleibenden Kunst stoffen die ungleiche Druckauswirkung starrer Prothesenbasisplatten auf die Kiefe schleimhaut. Er benützte ein fünffach vergrößertes Unterkiefermodell. Als Schleimhaut dienten Gummipolster, die durch einen Gummischlauch mit einem wassergefüllten U-Rohr verbunden waren. Er stellte verschieden starke Druckzon sowie negative Entlastungszonen auf dem Kieferkamm fest. Seine Untersuchunge ergaben nur Verhältniswerte.

Mit der direkten Messung von Kräften, die an der Schleimhaut auftreten, habe sich erst in neuer Zeit einige Autoren beschäftigt. A. Lawson konstruierte e Gerät, das dazu geeignet schien, Druckmessungen an der Schleimhaut durchzuführen. In einem Modellversuch verwendete er einen mit einem Fenster versehe en Plexiglastisch. Im Fenster brachte er einen beweglichen Stempel an, über da Fenster legte er elastisches Material, das der Schleimhaut entsprechen sollte. Er belastete nun das elastische Material mit Gewichten, so daß der Stempel nach außen gedrückt wurde. W. Stromberg hat mit dieser Methode Messungen a Patienten durchgeführt. Er baute ein 5 x 5 mm großes Fenster in eine Prothese e und ließ einen darin beweglichen Stempel gegen einen Dehnungsmeßstreifen wi

ken. Der Meßstreifen war mit einer Wheatstone'schen Brücke gekoppelt. In ähnlicher Weise verfuhr K. Kaires; er baute buccal und lingual Dehnungsmeßstreifen in den Freiendsattel einer Unterkieferprothese ein.

Diese Methode scheint uns nur bedingt brauchbar, da ein Dehnungsmeßstreifen eine hohe Temperaturempfindlichkeit aufweist.

E. Körber hat mit einer Methode auf kapazitiver Grundlage die Pressungen untersucht, denen die Alveolarkämme unter einer Oberkiefertotalprothese ausgesetzt sind. Die gefundenen Werte schwanken zwischen 2 und 15 kp/cm^2.

II. EXPERIMENTELLER TEIL.

DAS MESSGERÄT.

Auf der Suche nach einer geeigneten Methode, den von einer Prothese auf die Schleimhaut übertragenen Druck direkt an der Schleimhaut zu messen, wurde von E. Körber und K. Barbey eine Druckmeßanordnung auf kapazitiver Grundlage entwickelt. Die Verstärkerapparatur, ein abgewandeltes EEG-Gerät, wurde von der Firma Schwarzer gebaut (Abb. 1).

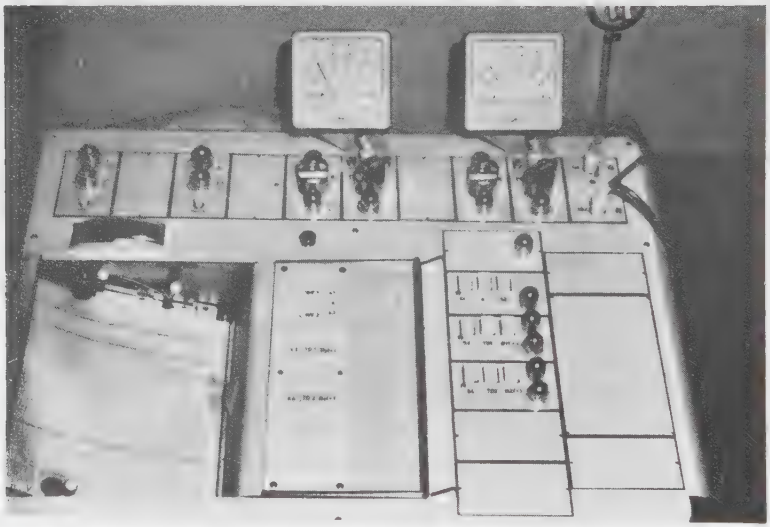
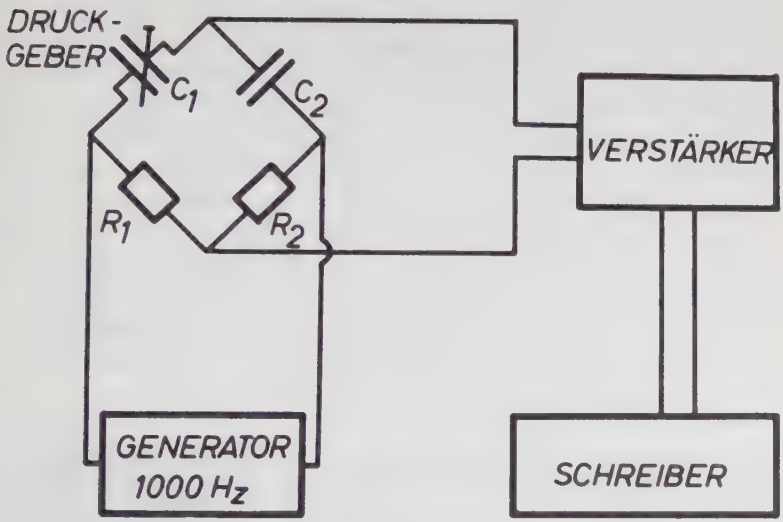


Abb. 1. Verstärkerapparatur

Die Anlage für die Registrierung der Meßwerte besteht aus einem Generator, einer Brückenschaltung, einem Trägerfrequenzverstärker und einem Direktschreiber (Abb. 2). Der zur Druckmessung verwendete Kondensator ist ein Teil der sog. Brückenschaltung. Diese arbeitet nach dem System der "Wheatstoneschen Brücke". Dort wird mit zwei Widerständen bekannter Ohmzahl ein dritter Widerstand unbekannter Ohmzahl gemessen. In unserem Falle wird die Kapazität eines unbekannten, veränderlichen Kondensators gemessen. Wie aus Abb. 2 hervorgeht, besteht

die Brücke aus den Widerständen R_1 und R_2 und den Kondensatoren C_1 und C_2. Der Kondensator C_1 ist derjenige, der von uns als Druckgeber verwendet wird.



SCHALTSCHEMA DER DRUCKMESSUNG.

Abb. 2. Schaltschema der Druckmessung

Gespeist wird diese Brücke von einem Generator mit einer Frequenz von 1 000 Hz. Beim Schluß des Stromkreises fließt durch die Brücke ein Strom, der mit Hilfe eines Verstärkers vom Schreiber aufgezeichnet werden kann. Nun lassen sich R_1, R_2 und C_2 so abstimmen, daß die Brücke stromlos ist, und somit der Schreiber in Nullstellung verbleibt. Jede Änderung des Kondensators C_1 führt aber zu einem Stromdurchfluß in der Brücke und wird vom Schreiber registriert. Der Vorteil dieser Brückenschaltung besteht darin, daß die Vorbelastung des Kondensators C_1 im Moment der Brückenabgleichung, d.h. während des Aufsuchens der Nullstellung, völlig gleichgültig ist. Für den Einbau eines Kondensators in eine Prothese ist diese Tatsache von großer Bedeutung, da eine Kompression sich hier bei oft nicht verhindern läßt.

Im Laufe dieser Arbeit wurde sowohl der Meßkondensator als auch die Verstärkerapparatur verbessert, die Methodik selbst wurde davon nicht beeinflußt. Trotzdem erscheint es notwendig, die Apparatur der Versuchsreihe A und der Versuchsreihe B getrennt zu beschreiben.

a) Meßanlage der Versuchsreihe A.

Der hier verwendete Druckgeber ist ein nicht isolierter Wickelkondensator von der Größe 3 x 1 cm und einem Durchmesser von 2 mm. Seine Kapazität beträgt 7000 Pikofarad, (Abb. 3). Der Trägerfrequenzverstärker ist so gestaltet, daß sowohl die Verstärkung als auch die Empfindlichkeit reguliert werden kann. Es bestehen drei Möglichkeiten der Verstärkung, die mit 40, 100 und 250 angegeben werden, wobei 40 das Maximum bedeutet. Diese drei Stufen stehen im Verhältnis 1 : 2, 5 zueinander, was sich an der Ausschlaghöhe des Schreibers zeigt (Abb. 4). Die Empfindlichkeit kann durch zehn Stufen geregelt werden, wobei die Stufe 10 wiederum das Maximum bedeutet. Bei der Einstellung der Meßanlage auf 40/10 genügt ein leichtes Anblasen des Druckgebers, um den Schreiber ausschlagen zu lassen. Die Vorschubgeschwindigkeit der Papierrolle kann von 0, 5 mm/min bis 200 mm/sec reguliert werden, gleichzeitig wird die Zeit in Sekunden aufgezeichnet. Die Verbindung Druckgeber zur Meßbrücke besteht anfangs aus einem 0, 18 cm starken und 30 cm langen, abgeschirmten Kabel, sodann aus einem 0, 6 cm starken Mikrophonkabel (Abb. 23).

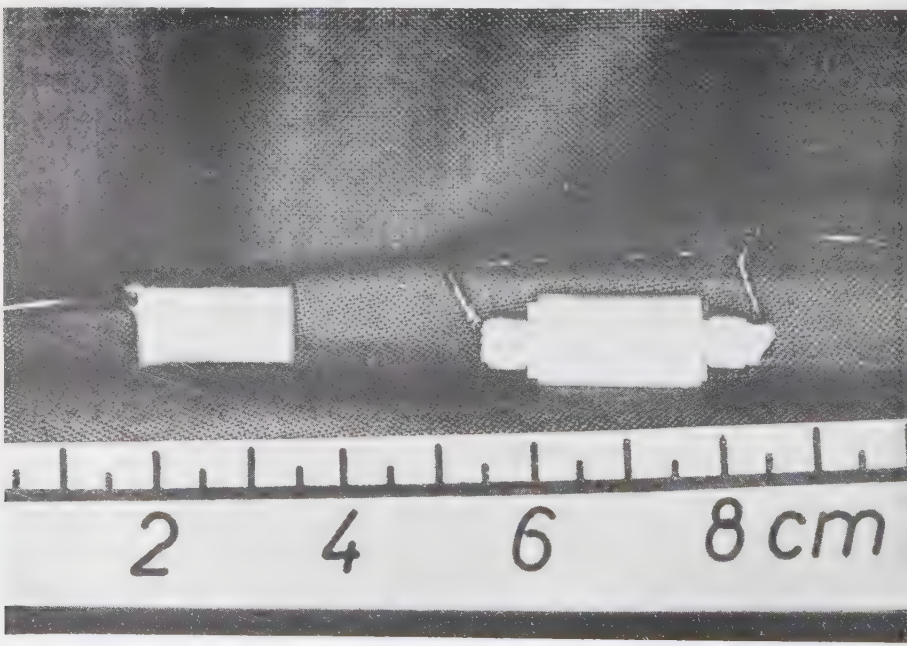


Abb. 3. Rechts: Nicht isolierter Kondensator der Versuchsreihe A.
Links: Isolierter, in einer Metallhülse eingelassener Kondensator der Versuchsreihe B.

b) Eichung des nicht isolierten Druckaufnehmers.

Der nicht isolierte Wickelkondensator wird auf ein seiner Größe entsprechendes 1 mm starkes Stahlblech aufgeklebt. Wir belasten den Kondensator auf einer starren Unterlage (Tischplatte) mit Grammgewichten bei verschiedenen Verstärkungen und Empfindlichkeiten. Der Druckgeber wird mit seiner freien Fläche auf die Unterlage gebracht. Die aufgezeichneten Werte ergeben eine Gerade (Abb. 4). Der Kurvenverlauf ist demnach bei Belastung der Meßkapsel auf einer starren Unterlage linear.

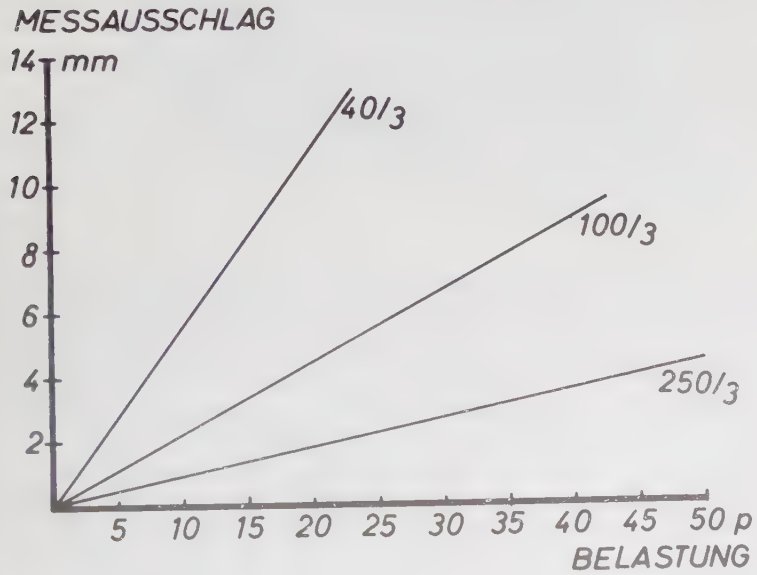


Abb. 4. Eichkurve des nicht isolierten Druckgebers bei verschiedenen Verstärkungen auf einer starren Unterlage.

Jeder Versuch wird zehnmal wiederholt. Die Ergebnisse zeigen Übereinstimmung. Die registrierten Werte ergeben die Eichkurve und bilden die Basis der Modellversuche. Aus Abb. 4 geht hervor, daß dieser Druckgeber nur bis ungefähr 50 p belastbar ist. Da er auch gegen Feuchtigkeit in keiner Weise geschützt ist, kann er ausschließlich zur Durchführung unserer Modellversuche verwendet werden.

VERSUCHSREIHE A

Modellversuch über die Belastungsverteilung unter einer belasteten Platte auf elastischer Unterlage.

Im Modellversuch soll geklärt werden, wie eine vertikal belastete starre Fläche eine elastische Unterlage belastet. Im einzelnen werden folgende Versuche durchgeführt.

Versuch I. Die Druckverteilung unter einer rechteckigen starren Platte.
Versuch II. Die Druckverteilung, wenn diese Platte auf einer Seite abgestützt ist (sattelnahe Abstützung).
Versuch III. Die Druckverteilung, wenn diese Platte in der doppelten Entfernung ihrer Länge abgestützt ist (sattelferne Lagerung).
Versuch IV. Die Druckverteilung, wenn die Platte die Form einer halben Ellipse hat (Oberkiefertotalprothese).

a) Versuchsanordnung.

Ein 1 cm starkes Eichenholzbrett mit einer Fläche von 10 x 20 cm dient als starre Platte. Die elastische Unterlage wird durch einen 3 cm starken Schaumgummi gebildet. Die Wickelkondensatoren werden an drei Stellen, mesial, medial und distal unter die Platte gelegt (Abb. 5), und zwar so, daß sie gering vorbelastet sind. Das Brett wird nun an drei verschiedenen Stellen (mesial, medial und distal) bis zu 8 kp vertikal belastet. Die Druckverteilung bzw. Druckübertragung auf den Schaumgummi kann dann gemessen werden. Die Belastung geschieht mit Hilfe von einfachen Kilogrammgewichten. Das Eichenholzbrett kann als völlig starr angesehen werden. Es gelingt uns bei einer Belastung von 8 kp nicht, eine Durchbiegung zu registrieren.

Man kann das Brett als Sattel einer partiellen Prothese betrachten. Damit können auch die in der Abb. 5 mit mesial medial und distal bezeichneten Punkte erklärt werden.

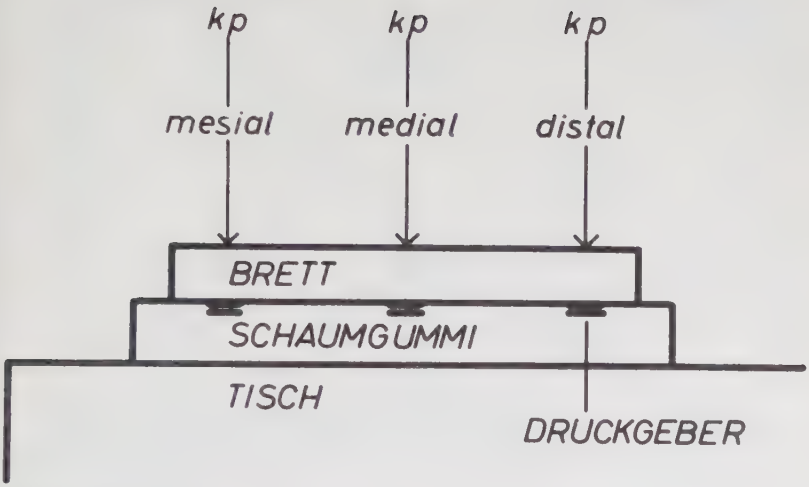


Abb. 5. Versuchsanordnung zur Ermittlung der Belastungen im Modellversuch.

b) Durchführung der Versuche.

VERSUCH I. Belastung einer starren Platte von 10 x 20 cm auf einer elastischen Unterlage (Abb. 9).

Versuch Ia.

Die starre Platte wird medial mit 1 kp aufsteigend bis 8 kp belastet. Die Registrierung erfolgt am mesialen, medialen und distalen Meßpunkt unter der Platte. Der Druckanstieg ist bei den drei Meßpunkten bis zu einer Belastung von 4 kp relativ linear. Nach der Formel $p = \frac{K}{F}$ (Druck = Kraft/Fläche) wäre zu erwarten, daß bei Mittenbelastung einer starren Platte der Druck auf die Unterlage überall gleich ist. Wir finden aber für den mesialen bzw. distalen Meßpunkt etwas höhere Werte als für den medialen (Abb. 7). Dieses Phänomen ist in der Bautechnik eine bekannte Tatsache. Es wird durch die elastische Unterlage hervorgerufen und wird unter dem Begriff "Sohldruck" geführt. Die mathematische Berechnung des Sohldruckes wird in der Praxis nicht durchgeführt, sondern in Form von Prozentzuschlägen berücksichtigt. Der mathematische Beweis wurde das erste Mal von Boussinesq und F. Schleicher erbracht. Für unser Fachgebiet spielt der Sohldruck infolge seiner Geringfügigkeit keine Rolle. Seine

Registrierung ist aber ein Beweis für die Zuverlässigkeit unserer Meßanlage.

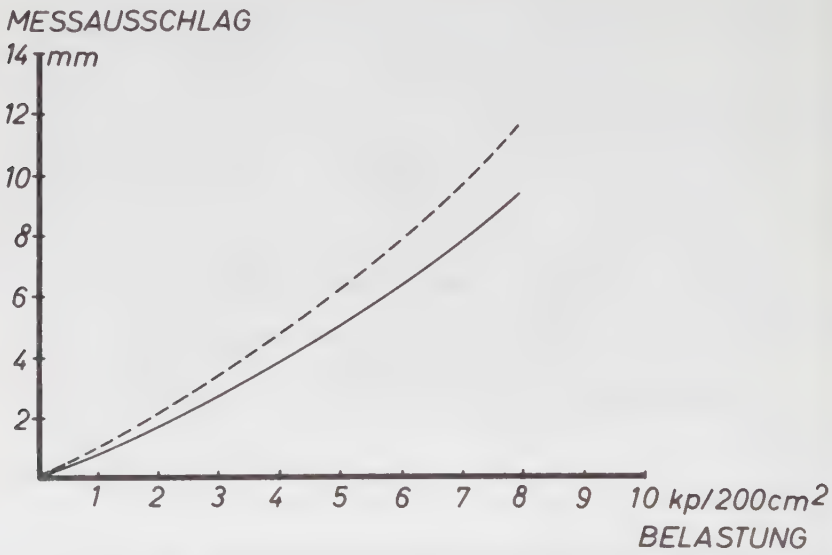


Abb. 6. Belastung einer elastischen Unterlage durch eine starre Platte bei Mittenbelastung.
Ordinate = Belastung des Kondensators, wobei 2 mm Meßausschlag 8 p entsprechen.
Abszisse = Mittenbelastung des starren Körpers.
Ausgezogene Linie = medialer Meßpunkt unter der Platte, gestrichelte Linie = mesialer bzw. distaler Meßpunkt.
Die Belastung der elastischen Unterlage ist, obwohl die Platte in der Mitte belastet wird, am Rande der Platte höher als in der Mitte (Sohldruck).

Wird eine 200 cm^2 große, starre Platte in der Mitte belastet, so läßt sich der Druck auf ihre Unterlage pro cm^2 aus der Formel $p = \frac{K}{F}$ (Druck = Kraft/Fläche) errechnen. Bei einer Belastung dieser Platte mit z.B. 3 kp, ergibt sich unter der Platte ein Druck von 15 p/cm^2 ($p = \frac{3000}{200} = 15$ p). Da die Druck aufnehmende Fläche des nicht isolierten Kondensators ungefähr 1 cm^2 entspricht, müssen bei direkter Belastung des Druckgebers mit 15 p die gleichen Kurven zustandekommen wie bei der Belastung der 200 cm^2 großen, starren Platten mit 3 kp. Vergleicht man die Eichkurve Abb. 4 mit den Kurven der Abb. 7, finden wir eine weitgehende

Übereinstimmung. Dies ist ein weiterer Beweis für die Zuverlässigkeit unserer Meßanlage.

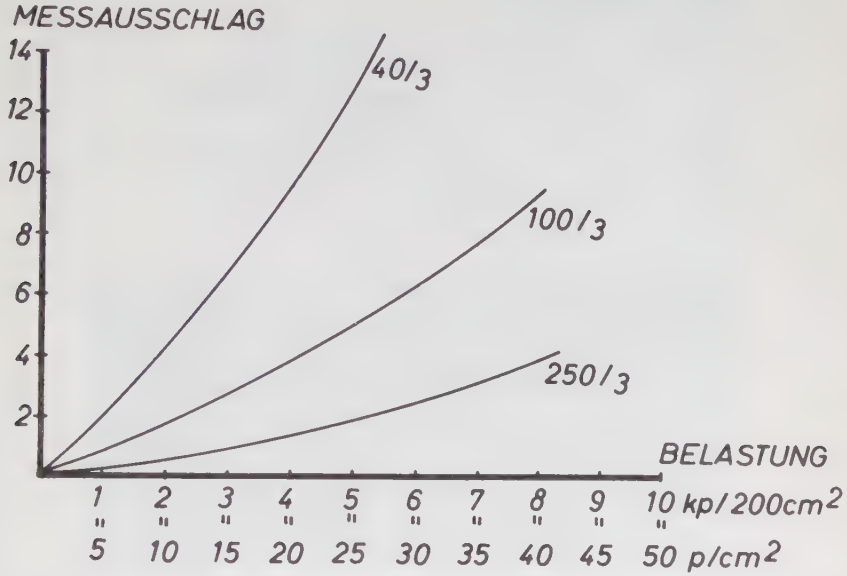


Abb. 7. Mittenbelastung einer starren Platte, Druckanstieg am medialen Meßpunkt unter der Prothese bei verschiedenen Verstärkungen. Auf der Abszisse ist die Belastung der Platte in kp/ 200 cm^2 aufgezeichnet. Die darunter stehenden Werte in p/cm^2 sind die aus der Formel Druck = Kraft/Fläche errechneten Ergebnisse. Der Vergleich mit Abb. 4 zeigt die Übereinstimmung.

Versuch Ib.

Eine starre Platte wird distal mit 1 kp aufsteigend bis 5 kp belastet. Die Registrierung erfolgt am mesialen, medialen und distalen Meßpunkt unter der Platte. Am distalen Meßpunkt wird ein starker Druck registriert, während am mesialen Meßpunkt keine Belastung beobachtet wird, da die Platte abkippt. Am medialen Meßpunkt findet eine ein Drittel so große Belastung statt. (Abb. 8). Die Belastungsverteilung ist demnach bei einer distal belasteten Platte sehr ungünstig.

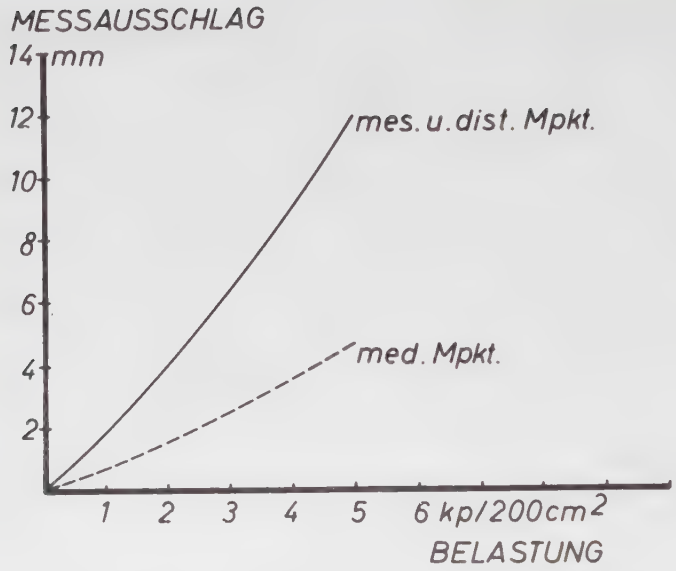


Abb. 8. Bei Distalbelastung einer starren Platte ist der mediale Meßpunkt (gestrichelte Linie) unter der Platte weniger belastet als der distale Meßpunkt (ausgezogene Linie).

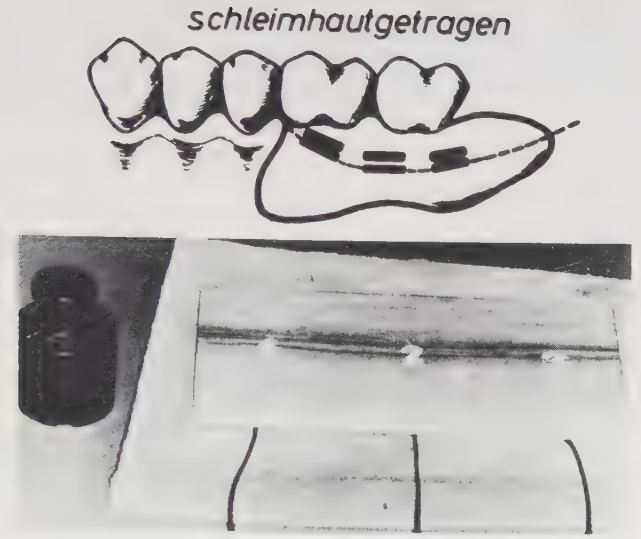


Abb. 9. Versuchsanordnung des Modellversuchs I.
Oben: Rein schleimhautgetragener Prothesensattel mit einfacher Halteklammer am 2. Praemolaren.
Unten: Modell eines rein schleimhautgetragenen Prothesensattels auf einer elastischen Unterlage. Die Belastungspunkte auf dem Prothesensattel sind mit den Zahlen 1 bis 3 gekennzeichnet, wobei 1 dem mesialen, 2 dem medialen und 3 dem distalen Belastungspunkt entspricht. Die Meßpunkte sind an der gleichen Stelle wie die Belastungspunkte nur unterhalb der Platte. Die sichtbaren Zuleitungsdrähte kommen von den Meßpunkten bzw. den Druckgebern. Die Versuchsandordnung (unten) entspricht den Verhältnissen eines rein schleimhautgetragenen Prothesensattels (oben).

VERSUCH II. Belastung einer am mesialen Rande abgestützten starren Platte (sattelnahe Abstützung) (Abb. 13).

Versuch II a.

Eine am mesialen Rande abgestützte starre Platte wird medial mit 1 kp aufsteigend bis 5 kp belastet. Die Registrierung erfolgt am mesialen, medialen und distalen Meßpunkt. Am mesialen Meßpunkt (unmittelbar an der Abstützung) wird der geringste Druck auf die Unterlage übertragen. Der distale Meßpunkt wird am stärksten belastet (Abb. 10).

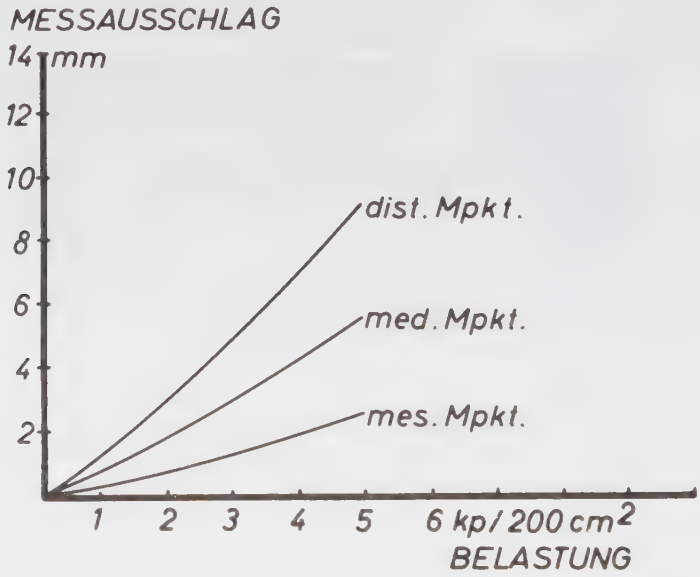


Abb. 10. Mittenbelastung einer am mesialen Rand abgestützten Platte (sattelnahe Abstützung). Druckanstieg vom mesialen über den medialen zum distalen Meßpunkt unter der Platte.
(Zeichenerklärung siehe Abb. 6.)

Versuch IIb.

Eine am mesialen Rand abgestützte starre Platte wird mesial mit 1 kp aufsteigend bis 5 kp belastet. Die Registrierung erfolgt am mesialen, distalen und medialen Meßpunkt. Bei mesialer Belastung (in der Nähe der Abstützung) wird nur noch im Vergleich zu Versuch IIa ungefähr ein Drittel der Gesamtlast auf die Unterlage übertragen. Am mesialen Meßpunkt wird der geringste, am distalen Meßpunkt der höchste Druck registriert (Abb. 11).

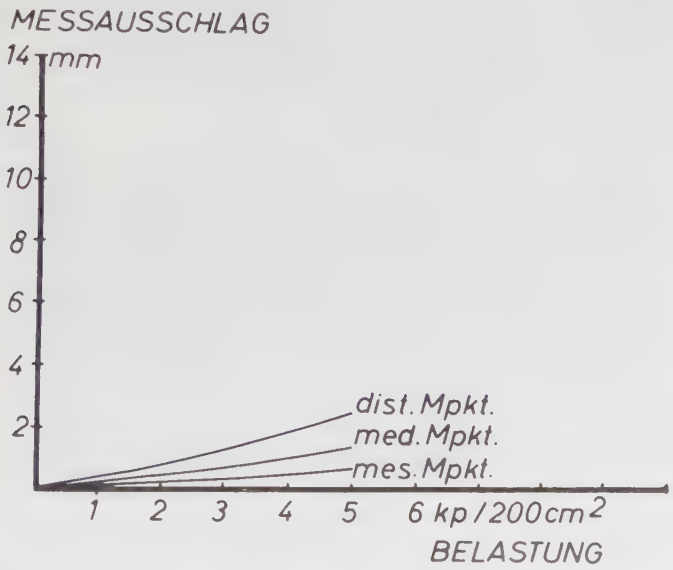


Abb. 11. Mesialbelastung einer am mesialen Rand abgestützten starren Platte. Druckverlauf vom mesialen über den medialen zum distalen Meßpunkt.
(Zeichenerklärung siehe Abb. 6).

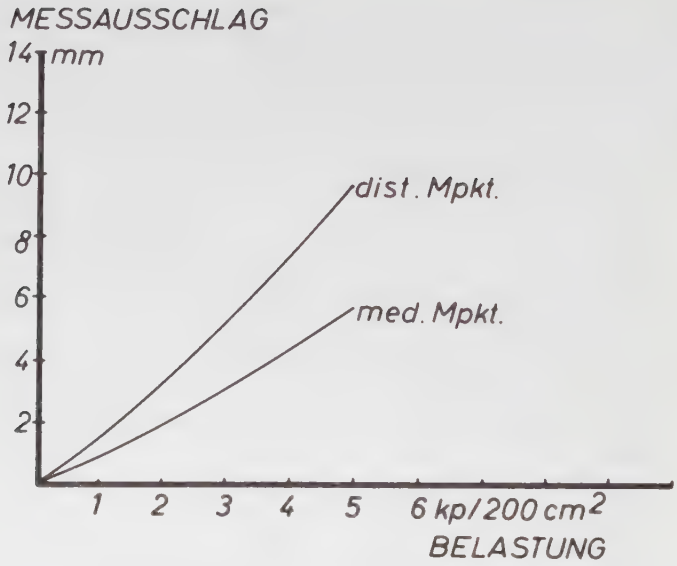


Abb. 12. Distalbelastung einer am mesialen Rand abgestützten Platte. Druckverlauf am medialen und distalen Meßpunkt. Am mesialen Meßpunkt erfolgt infolge Abkippung der Platte keine Registrierung. (Zeichenerklärung siehe Abb. 6).

Versuch IIc.

Eine am mesialen Rand abgestützte starre Platte wird distal mit 1 kp aufsteigend bis 5 kp belastet. Die Registrierung erfolgt am mesialen, medialen und distalen Meßpunkt. Wird diese Platte distal belastet, so kann unter der Platte am mesialen Meßpunkt infolge Abkippung kein Druck registriert werden. Die Gesamtlast verteilt sich auf den medialen und distalen Meßpunkt. Der Druck auf die Unterlage ist deshalb dort entsprechend hoch (Abb. 12).

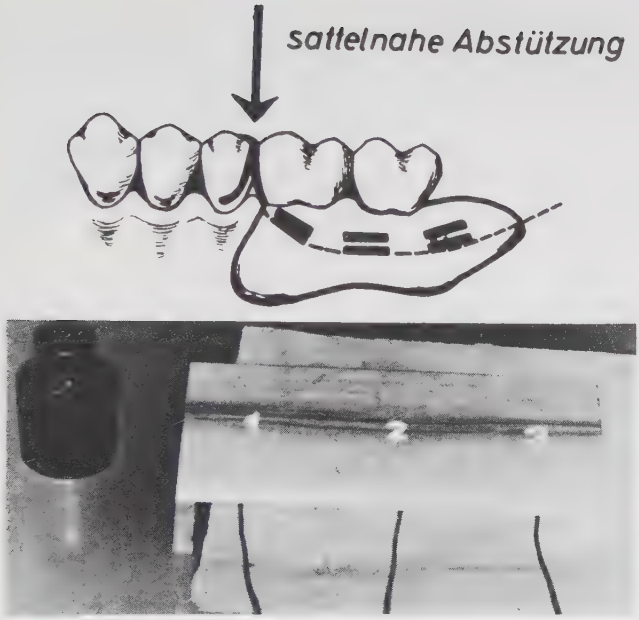


Abb. 13. Versuchsanordnung des Modellversuchs II.
Oben: Sattelnah abgestützter Prothesensattel mit Halteklammer und Auflage am 2. Praemolaren.
Unten: Modell eines sattelnah abgestützten Prothesensattels auf einer elastischen Unterlage. Die Abstützung befindet sich am linken Sattelende. Die Belastungspunkte auf dem Prothesensattel sind mit den Zahlen 1 bis 3 gekennzeichnet, wobei 1 dem mesialen, 2 dem medialen und 3 dem distalen Belastungspunkt entspricht. Die Meßpunkte sind an der gleichen Stelle wie die Belastungspunkte, nur unterhalb der Platte. Die sichtbaren Zuleitungsdrähte kommen von den Meßpunkten bzw. den Druckgebern. Die Versuchsanordnung (unten) entspricht den Verhältnissen eines sattelnah abgestützten Prothesensattels (oben).

VERSUCH III. Belastung einer in der doppelten Entfernung ihrer Länge abgestützten starren Platte (sattelferne Abstützung) (Abb. 17).

Versuch IIIa.

Eine in der doppelten Entfernung ihrer Länge abgestützte Platte wird medial mit 1 kp aufsteigend bis 5 kp belastet. Die Registrierung erfolgt am mesialen, medialen und distalen Meßpunkt. Bei Mittenbelastung dieser Platte wirkt am mesialen Meßpunkt der kleinste, am distalen Meßpunkt der größte Druck auf die elastische Unterlage. Beachtenswert ist, daß am distalen und medialen Meßpunkt niedrigere Werte als bei einem kurzen Sattel (Abb. 10) vorhanden sind, während am mesialen Meßpunkt ein etwas höherer Wert besteht. Die Belastungsunterschiede sind im ganzen gesehen gering. Dies läßt auf eine gleichmäßige Druckverteilung infolge der sattelfernen Lagerung schließen (Abb. 14).

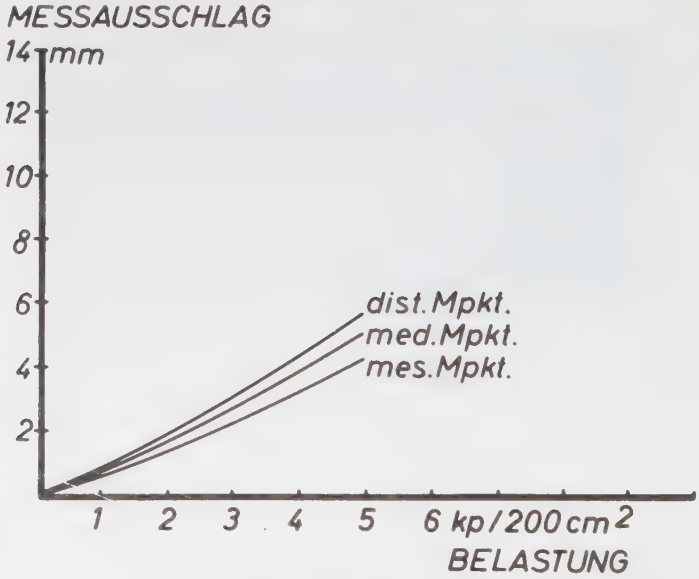


Abb. 14. Mittenbelastung einer in der doppelten Entfernung ihrer Länge abgestützten Platte (sattelferne Lagerung). Druckanstieg am mesialen, medialen und distalen Meßpunkt (Zeichenerklärung siehe Abb. 6). Die Belastungsverteilung ist günstiger als bei einem kurzen Sattel.

Versuch IIIb.

Eine in der doppelten Entfernung ihrer Länge abgestützte Platte wird mesial mit 1 kp aufsteigend bis 5 kp belastet. Die Registrierung erfolgt am mesialen, medialen und distalen Meßpunkt. Wird die Platte mesial belastet, so ist der Druck auf die Unterlage an allen drei Meßpunkten ungefähr gleich (Abb. 15). Die Mesialbelastung eines sattelfern abgestützten Sattels erfüllt uns damit die Forderung der gleichmäßigen Belastung des Prothesenlagers.

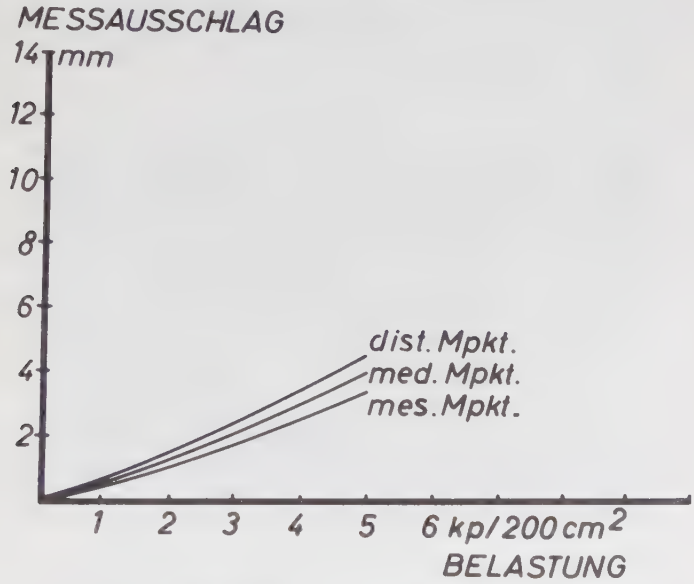


Abb. 15. Mesialbelastung einer in der doppelten Entfernung ihrer Länge abgestützten Platte. Druckverlauf vom mesialen über den medialen zum distalen Meßpunkt.
(Zeichenerklärung siehe Abb. 6).

Versuch IIIc.

Eine in der doppelten Entfernung ihrer Länge abgestützte Platte wird distal mit 1 kp aufsteigend bis 5 kp belastet. Die Registrierung erfolgt am mesialen, medialen und distalen Meßpunkt. Die distale Belastung dieser Platte ergibt beträchtliche Druckunterschiede an den drei Meßpunkten. Am distalen Meßpunkt wird der höchste Druck registriert (Abb. 16).
Dennoch ist die Druckverteilung unter dem Sattel noch günstiger als bei Distalbelastung eines kurzen Sattels.

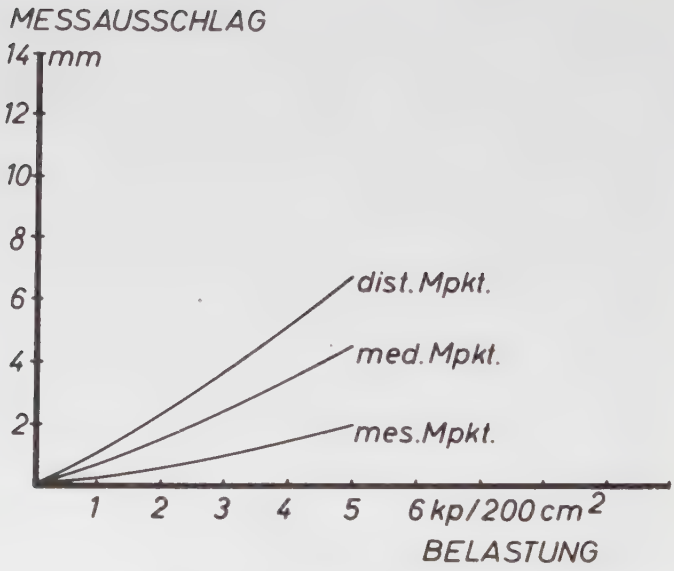


Abb. 16. Distalbelastung einer in der doppelten Entfernung ihrer Länge abgestützten Platte. Druckverlauf vom mesialen über den medialen zum distalen Meßpunkt. Die Distalbelastung bringt eine ungünstige Belastungsverteilung.
(Zeichenerklärung siehe Abb. 6).

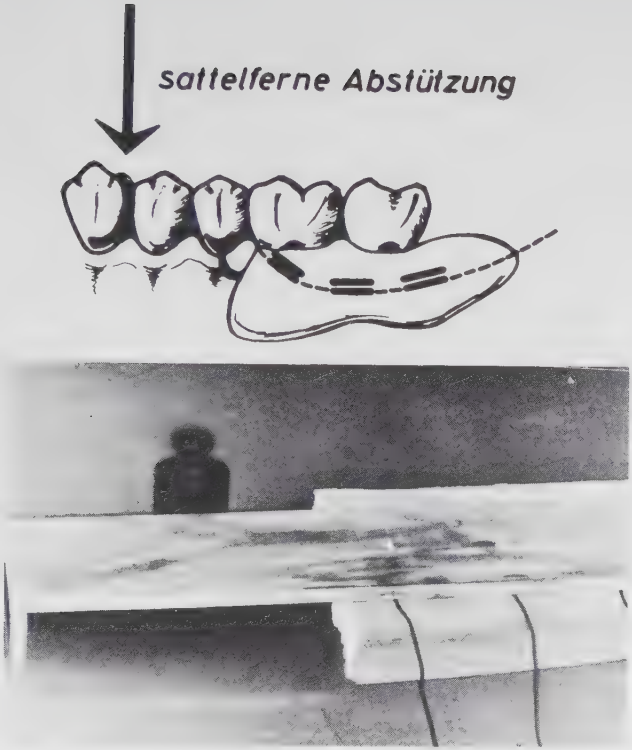


Abb. 17. Versuchsanordnung des Modellversuchs III.
Oben: Sattelfern abgestützter Prothesensattel mit einer Zahnhalsklammer am 2. Praemolaren und einer Halteklammer mit Auflage am Eckzahn.
Unten: Modell eines sattelfern abgestützten Prothesensattels auf einer elastischen Unterlage. Die Abstützung befindet sich am linken Sattelende. Die Belastungspunkte auf dem Prothesensattel sind mit den Zahlen 1 bis 3 gekennzeichnet, wobei 1 dem mesialen, 2 dem medialen und 3 dem distalen Belastungspunkt entspricht. Die Meßpunkte sind an der gleichen Stelle wie die Belastungspunkte, nur unterhalb der Platte. Die sichtbaren Zuleitungsdrähte kommen von den Meßpunkten bzw. den Druckgebern. Die Versuchsanordnung (unten) entspricht den Verhältnissen eines sattelfern abgestützten Prothesensattels (oben).

Zusammenfassung.

Im Modellversuch wurde ein Prothesensattel auf elastischer Unterlage belastet und die Druckverteilung unter dem Sattel gemessen. Es wurde festgestellt, daß es für jede Abstützungsart einen Ort auf dem Prothesensattel gibt, bei dessen Belastung die Druckverteilung am Prothesenlager am besten ist. Eine Abweichung von diesem Ort bedingt eine Verschlechterung der Druckverteilung am Prothesenlager. Beim rein schleimhautgetragenen Prothesensattel liegt dieser Ort in der Mitte des Sattels, beim sattelnah und sattelfern abgestützten Prothesensattel am mesialen Rande des Sattels, d.h. für den rein schleimhautgetragenen Prothesensattel ergibt die Mittenbelastung, für den sattelnah abgestützten Prothesensattel und den sattelfern abgestützten Prothesensattel die Mesialbelastung die besten Druckverhältnisse am Prothesenlager. Der sattelfern abgestützte Prothesensattel zeigt die beste Belastungsverteilung am Prothesenlager. Die Distalbelastung ist bei allen Abstützungsarten ungünstig.

VERSUCH IV. (Abb. 18)

Es soll die Belastungsverteilung unter einer 200 cm^2 großen Platte, welche die Form einer Oberkiefertotalprothese hat, untersucht werden. Zu diesem Zwecke belasten wir die Platte in der Gegend des Kauzentrums bei 5 6, im Frontzahnbereich und am distalen Ende in Gegend des 2. Molaren. Die Registrierung erfolgt ebenfalls an diesen drei Punkten unter der Platte, sowohl auf der Belastungsseite als auch auf der Nichtbelastungsseite.

Nur bei der Belastung des Kauzentrums (Gegend des 2. Praemolaren und 1. Molaren) konnte auf der Belastungsseite sowohl am Gaumen als auch am distalen Prothesenende ein Druck auf der Unterlage gemessen werden. Bei einer Belastung der übrigen Punkte ließ sich nur am jeweiligen Ort der Belastung ein Druck messen. An allen anderen Punkten wurde die Platte abgekippt und entlastet damit die Unterlage.

Das Schema (S. 24) zeigt die Druckregistrierung in Abhängigkeit vom Ort der Belastung.

Es geht daraus hervor, daß es nur einen Ort auf der Platte gibt, bei dessen Belastung die Druckverteilung am Prothesenlager am besten ist. Der Versuch bestätigt, was von R. Voß u.a. ermittelt wurde, daß dieser Ort die Gegend des 2. Praemolaren und 1. Molaren ist. Das Kauzentrum einer Oberkiefertotalprothese sollte also in jedem Falle dort liegen.

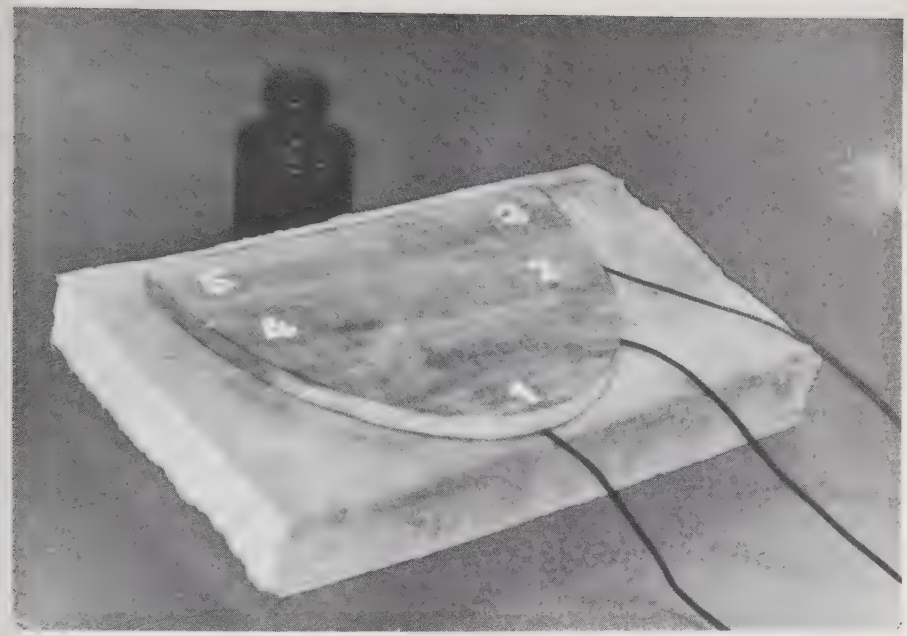


Abb. 18. Modell einer Oberkiefertotalprothese (halbe Ellipse) auf einer elastischen Unterlage. Die Belastungspunkte auf der Platte sind mit den Zahlen 1 bis 5 gekennzeichnet, wobei 1 dem Frontzahnbereich, 2 und 4 dem Kauzentrum (Gegend des 2. Praemolaren und 1. Molaren) und 3 und 5 der Gegend des 2. Molaren entsprechen. Die Meßpunkte sind an der gleichen Stelle wie die Belastungspunkte, nur unter der Platte. Die sichtbaren Zuleitungsdrähte kommen von den Meßpunkten bzw. Druckgebern.

Ort der Belastung	Meßpunkt unter der Prothese						
	Kauzentrum		Gaumen (Drüsenzone vorderes Drittel)		Distal (Gegend des 2. Molaren)		Frontzahn-bereich
	Belast. Seite	Nicht Belast. Seite	Belast. Seite	Nicht Belast. Seite	Belast. Seite	Nicht Belast. Seite	
Belastung im Kauzentrum	12, 8 p	-	6, 4 p	-	13, 6 p	-	-
Belastung in Gegend des 2. Molaren	-	-	-	-	39, 2 p	-	-
Belastung im Front-zahnbereich	-	-	-	-	-	-	21, 6 p

Schema: Die Platte wird an vier Punkten mit je 1 kp belastet. Im Schema sind die an den verschiedenen Meßpunkten unter der Prothese gemessenen Werte in p/cm^2 angegeben. Bei der Belastung im Kauzentrum wird die günstigste Belastungsverteilung am Prothesenlager erzielt.

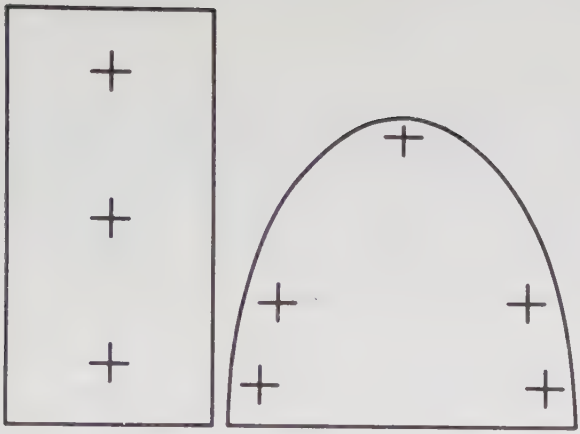


Abb. 19. Links: Rechteckige, starre Platte der Versuche I bis III.
rechts: "Helle Ellipse" des Versuchs IV. Die Kreuze bezeichnen jeweils die Belastungspunkte.

Zusammenfassung.

Belastet man eine Platte, welche die Form einer Oberkiefertotalprothese hat, ist der Ort auf der Platte, bei dessen Belastung die Druckverteilung am Prothesenlager am besten ist, die Gegend des 2. Praemolaren und 1. Molaren. Der Ort, bei dessen Belastung die Druckverteilung am Prothesenlager am schlechtesten ist, ist die Gegend des 2. Molaren.

Kritische Betrachtung.

Es muß betont werden, daß die Ergebnisse dieser Modellversuche keine bindenden Aussagen über die Belastungsverhältnisse am Prothesenlager zulassen. Ihre Beschreibung mit Hilfe von prothetischen Fachausdrücken geschah, um eine verständliche Darlegung zu erreichen. Auf der anderen Seite ergeben diese In-vitro-Versuche einen guten Einblick in die statischen Verhältnisse eines Prothesensattels bzw. einer Prothesenplatte. Es läßt sich aus ihnen ohne weiteres entnehmen, was mit einigen Abänderungen bei den Messungen am Patienten zu erwarten ist.

VERSUCHSREIHE B

1. Disposition.

Bei 10 Versuchspersonen soll die durch das Kauen von verschiedenen Speisen, von einer Oberkiefertotalprothese auf der Schleimhaut bewirkte Pressung [+] gemessen werden. Die Schleimhautpressung soll im linken Oberkiefer im vorderen Drittel des harten Gaumens ermittelt werden. Als Speisen sollen Speck (roher Schinken), Brot (Vollkornbrot) und Erdnüsse (ungesalzen) verwendet werden. Zum Vergleich werden die Pressungen im rechten Oberkiefer auf der Höhe des Alveolarkammes in der Gegend des 2. Praemolaren und 1. Molaren registriert.

2. Meßanlage der Versuchsreihe B.

Hierzu wurde ein neues, in Bezug auf seine Bedienung vereinfachtes, aber im Prinzip gleiches Gerät wie bei der Versuchsreihe A verwendet. Der Meßkondensator wurde in eine Messingblechhülse eingelassen und mit einer plastischen Masse abgedichtet. Dies bringt uns zwei Vorteile: Erstens erreichen wir eine völlige Unempfindlichkeit gegen Wasser und Speichel, zweitens wird durch die Blechumkleidung die Empfindlichkeit des Kondensators so herabgesetzt, daß er mit Gewichten bis zu 3 kp direkt belastet werden kann. Seine Größe beträgt 1,6 x 1 x 0,2 cm, seine Kapazität 5 000 Pikofarad (Abb. 3).

Beim Vergleich der einzelnen Kondensatoren fanden wir unterschiedliche Empfindlichkeiten. Dies kann einmal auf die schwankende Kapazität sowie auf einen Elastizitätsunterschied der Blechumkleidung zurückgeführt werden. Auch durch den Einbau in eine Prothese wird die Empfindlichkeit beeinflußt. Wir haben daher jeden in eine Prothese eingebauten Kondensator gesondert geeicht. Dies ist für die Auswertung der Ergebnisse insofern nachteilig, als wir die vom Direktschreiber der Apparatur aufgezeichneten Werte nicht direkt vergleichen können, sondern erst die an der Eichkurve abgegriffenen Werte. Auf der anderen Seite wird dadurch

[+] In Anlehnung an die Nomenklatur der Baustatik ersetzen wir bei der Besprechung der Hauptversuche den Begriff "Druck" durch "Pressung". Die Berechtigung dazu ergibt sich für uns aus der Tatsache, daß die durch ein Fundament hervorgerufene Belastung des Untergrundes Pressung genannt wird. Die "Pressung" wird in kp/cm^2 angegeben. Druck und Pressung werden durch dieselbe Formel definiert ($p = K/F$). Der Druck wirkt nach allen Richtungen, die Pressung nach einer Richtung.

jede Fehlerquelle, die durch die Isolation und den Einbau hätte zustande kommen können, ausgeschaltet. Die Basis für unsere Meßwerte ist der fertig eingebaute Kondensator.

Der Druckgeber ist so konstruiert, daß er anspricht, gleichgültig an welcher Stelle er komprimiert wird. Es ist somit notwendig, den in eine Prothese eingebauten Druckgeber so abzuschirmen daß er nur auf die vom Stempel herwirkende Belastung anspricht. Dies wurde durch eine 5 mm starke Messingschiene erreicht, die im Praemolaren- und Molarengebiet den Kauflächenkomplex bildete (Abb. 20).

Zu klären war noch die Frage, wie groß der Messhub eines in eine Prothese eingebauten Druckgebers ist. Um dies prüfen zu können, wird der Druckgeber mit 1 kp belastet und der Deformationsweg mit einer mechanischen Meßuhr gemessen. Die Verformung ist so gering, daß diese Komponente bei unseren Messungen vernachlässigt werden kann.

3. Einbau des Druckgebers in eine Prothese.

Bei allen Patienten werden die zur Messung verwendeten Prothesen auf der Basis von Funktionsabdrücken und unter Benutzung von Gelenkartikulatoren hergestellt. Nach der Fixierung der Modelle im Artikulator wird im Oberkiefer eine Prothesenplatte mit den Zähnen 3 2 1 | 1 2 3 angefertigt. Die Praemolaren und Molaren rechts und links werden in Metall gegossen. Zur Herstellung der Metallzähne werden Wachsschablonen von Abrasionszähnen verwendet (Typodens der Firma Hutschenreuther), welche in weichem Zustand dem Gegenbiss entsprechend geformt werden können. Die gegossenen Seitenzähne werden nun mit Paladur, einem selbsthärtenden Kunststoff, an der Prothese befestigt. Der Druckgeber wird zwischen Seitenzahnbereich und Prothesenbasis eingebracht (Abb. 20). Um eine hohe Passgenauigkeit des Stempels zu erreichen, wird die Höhe des Stempels im Munde des Patienten mit Paladur korrigiert, so daß eine Oberfläche genau dem Relief der Schleimhaut entspricht (Abb. 21). Die 0,18 mm starke, abgeschirmte Zuleitung wird jeweils distal des Eckzahnes aus der Prothese geführt und verläuft im Mundwinkel des Patienten nach außen (Abb. 22).

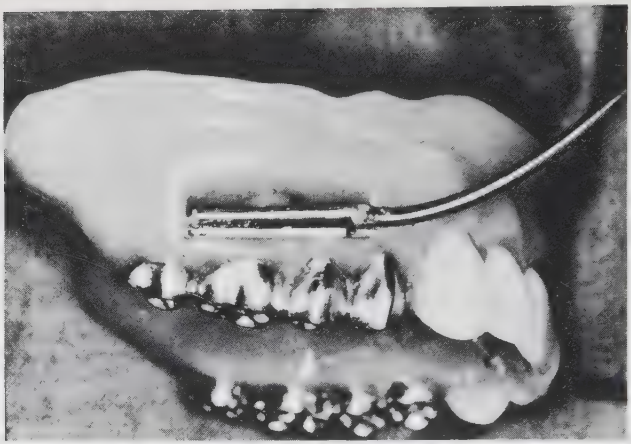


Abb. 20. Oberkiefertotalprothese mit im Kauzentrum eingebautem Druckgeber. Der Druckgeber (mit 0,18 cm starkem Zuleitungskabel) ist auf einem Stahlblech aufgeklebt und kommt mit dem Kunststoff der Prothese nicht in Berührung. Auf dem Kondensator ist ein zylindrischer Stempel mit einer Fläche von 0,25 cm^2 angebracht. Die Seitenzähne 4 5 6 7/ sind in Metall gegossen, um jeglichen, von der Kaufläche auf den Druckgeber wirkenden Druck auszuschalten.

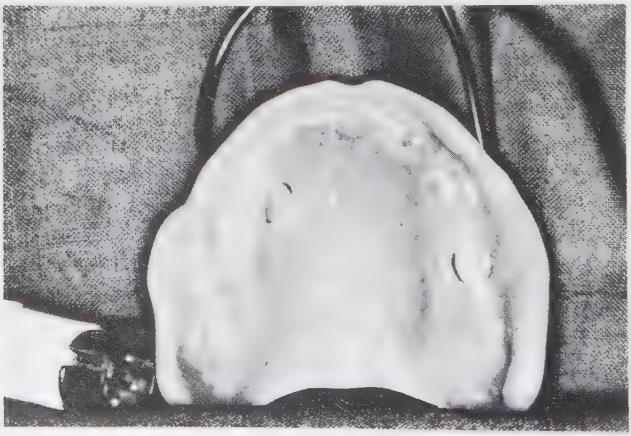


Abb. 21. Oberkiefertotalprothese mit eingebautem Druckgeber.
Rechts: Stempel des im Kauzentrum eingebauten Kondensators.
links: Stempel am harten Gaumen.
Am linken Bildrand: Diodenstecker zur Umschaltung auf das 0,5 cm starke Mikrophonkabel.

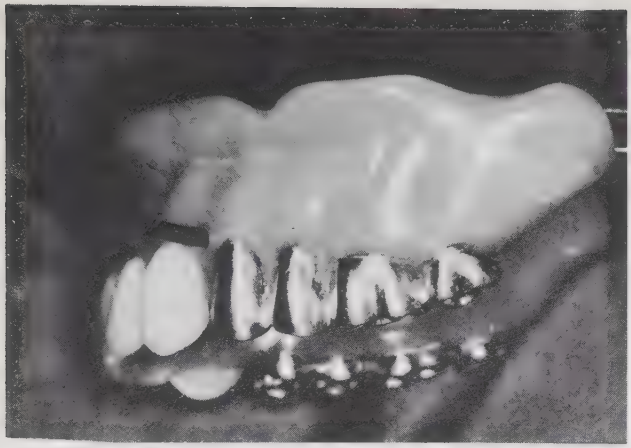


Abb. 22. Oberkiefertotalprothese mit eingebautem Druckgeber. Die Zuleitungskabel treten distal des Eckzahnes aus der Prothese aus, um dann im Mundwinkel des Patienten nach außen zur Meßapparatur zu gelangen.

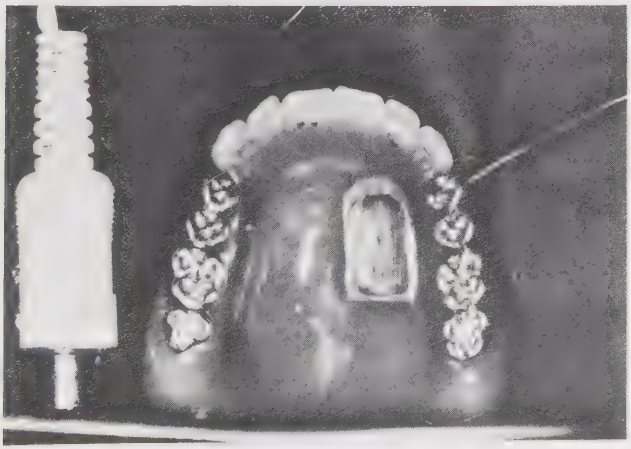


Abb. 23. Oberkiefertotalprothese mit Druckgeber am harten Gaumen. Die Abdeckplatte am Gaumen ragt nicht über das Niveau der Prothesenbasis hinaus, so daß der Patient beim Kauen nicht gestört wird. Links: Diodenstecker.

4. Die Eichung.

Zur Eichung des eingebauten Druckgebers verwenden wir einen Waagebalken mit Waagschale und Schieber (Abb. 24). Der Schieber dient zur Justierung der Waage. In der Mitte zwischen der Lagerung des Waagebalkens und der Waagschale befindet sich ein Stift. Nach dem Hebelgesetz ist der Druck des Stiftes doppelt so groß wie die Belastung der Waagschale. Die Abbildung zeigt die Lagerung des Waagebalkens. Durch die punktförmige Berührung zwischen den Bolzen und ihrer Führung erreichen wir ein Minimum an Trägheit.

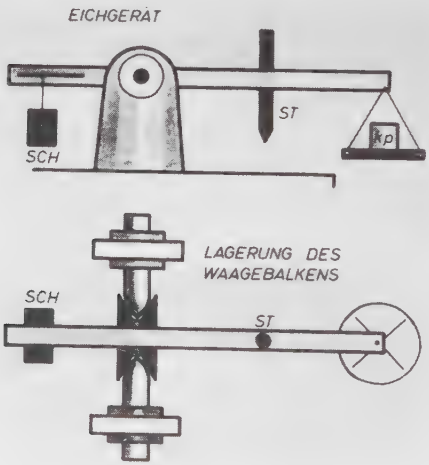


Abb. 24. Oben: Eichgerät
unten: Lagerung des Waagebalkens.
Sch = Schieber, St = Belastungsstift.

Die Prothese wird mit der Basis nach oben in Gips so fixiert, daß der Druckgeber in horizontale Lage kommt. Das Ganze wird nun so unter die Waage gelegt, daß der Stift senkrecht über dem Druckabnehmer steht, ohne diesen zu berühren. Die Waagschale wird in steigender Folge mit Gewichten bis zu 1,5 kp belastet, was einer Belastung des Kondensators von 3 kp entspricht. Die Ausschläge des Direktschreibers ergeben die Punkte zur Aufzeichnung einer Eichkurve. Die am Patienten während des Kauvorganges gewonnenen Aufzeichnungen werden mit einem Stechzirkel abgemessen und in die Eichkurve übertragen. Die Druckwerte können in kp/0,25 cm^2 dann direkt abgelesen werden.

5. Durchführung des Versuchs.

Der in das Versuchsvorhaben eingeweihte Patient sitzt auf einem normalen Stuhl an einem Tisch. Vor ihm sind in ihrer Größe ungefähr gleichgroße Portionen Speck, Brot und Erdnüsse auf Servietten hergerichtet.

Nachdem die Stempel der Druckgeber mit Paladur unterfüttert und dem Relief der Schleimhaut angeglichen sind, werden einige Probekauakte unternommen und die Meßapparatur in der gewünschten Verstärkung eingestellt. Die Aufzeichnungsgeschwindigkeit beträgt 3,3 cm/sec. Nun wird die Meßprothese herausgenommen und geeicht. Nach der folgenden Eingliederung der Meßprothese und nochmaliger Überprüfung der Meßanlage sind die Voraussetzungen zur Durchführung des Versuchs gegeben.

Der Patient wird nun aufgefordert, eine Portion Speck zuerst auf der rechten Seite, danach auf der linken Seite normal zu kauen und anschließend zu schlukken. Dasselbe wird dann mit Brot und Erdnüssen durchgeführt. Nach Beendigung des Versuchs werden die Druckgeber sofort nachgeeicht. Die Abb. 25 - 30 zeigen die während des Versuchs vom Schreiber aufgezeichneten Belastungskurven.

6. Auswertung der Registrierstreifen.

Abb. 25 zeigt die während des Kauens gewonnenen Kurven ab der 5. Sekunde. Von hier bis zur 15. Sekunde werden die Aufzeichnungen folgendermaßen ausgewertet: Die in diesem Zeitraum von 10 Sekunden liegenden Kaubewegungen werden abgezählt. Die 10 Sekunden werden nun durch die Anzahl der Kaubewegungen dividiert und somit die Zeitdauer für den einzelnen Kauakt festgestellt, z.B. 15 Kaubewegungen in 10 Sekunden ergeben 10 : 15 = 0,66 sec pro Kaubewegung. Da die Durchlaufgeschwindigkeit 3,3 cm/sec beträgt, entsprechen 0,66 sec = 2,2 cm (Länge einer Kaubewegung). Diese 2,2 cm nehmen wir nur in einen Stechzirkel und suchen eine Kaubewegung, die dieser Länge genau entspricht. Diese einzelne Kaubewegung wird einmal vom Anstieg der Kurve bis zu ihrem Höhepunkt, zum anderen vom Anstieg der Kurve bis zum Erreichen der Nullage abgemessen und in Sekunden umgerechnet. Das erste stellt die Belastungszeit, das zweite die Lastzeit dar (Abb. 25).

Nun werden 10 Kaubewegungen, die innerhalb 10 Sekunden liegen, mit einem Stechzirkel ausgemessen und in die Eichkurve übertragen. Die durchschnittliche Pressung und die maximale Pressung der Schleimhaut kann errechnet werden. Ebenso wird die Pressung für den Schluckakt bestimmt. Da die an den Druckgebern befestigten Stempel eine Fläche von 0,25 cm^2 haben, müssen die gewonnenen Werte mit 4 multipliziert werden. Das Ergebnis entspricht der Schleimhautpressung pro cm^2.

Die Ergebnisse für Speck, Brot und Erdnüsse werden jeweils für die Kauseite (= KS) und die Nichtkauseite (= NKS) ermittelt.

Der Druckgeber im rechten Oberkiefer befindet sich im Kauzentrum, der am Gaumen eingebaute Druckgeber im linken Oberkiefer. Da während des Versuchs beide Druckgeber gleichzeitig in Betrieb sind, werden bei einem Versuch zwei Messungen registriert. So wird z.B. bei rechtsseitigem Kauen für das Kauzentrum die Kauseite und für den Gaumen die Nichtkauseite aufgezeichnet.

7. Ergebnisse

a) Registrierstreifen der Belastungsversuche.

Als Beispiel für die Versuchsreihe am Patienten werden Ausschnitte aus den Registrierstreifen beim Kauen von Speck, Brot und Erdnüssen abgebildet.

Am oberen Rande des Streifens ist die Zeit in Sekunden angegeben. Es folgen untereinander die Belastungskurven des Alveolarkammes und des harten Gaumens (Abb. 25, 26, 27, 28, 29, 30).

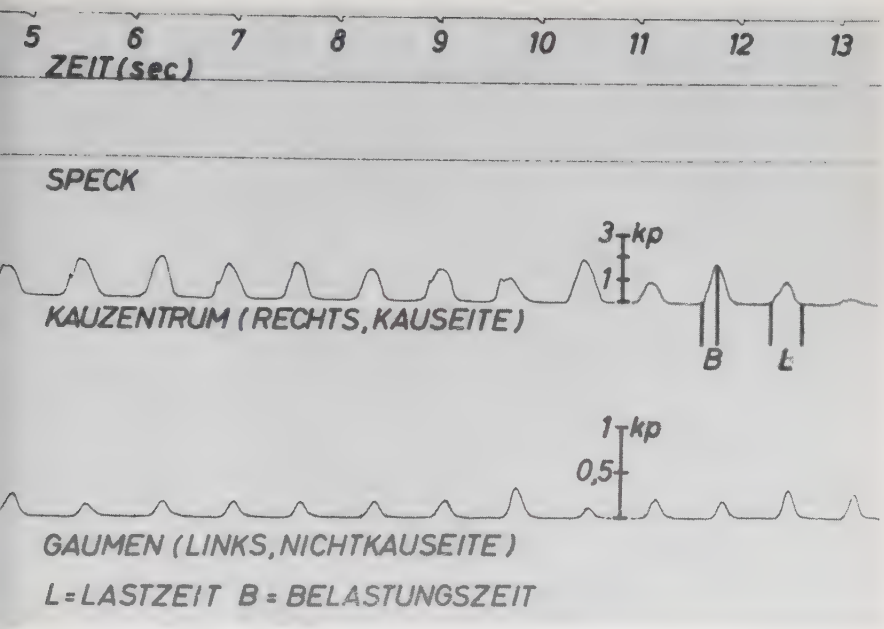


Abb. 25. Druckverlauf unter einer Oberkiefertotalprothese bei rechtsseitigem Kauen von Speck. Registrierung rechts in der Gegend des 2. Praemolaren und 1. Molaren, links im vorderen Drittel des harten Gaumens. Die Belastung im Kauzentrum ist fünfmal so groß wie am Gaumen.

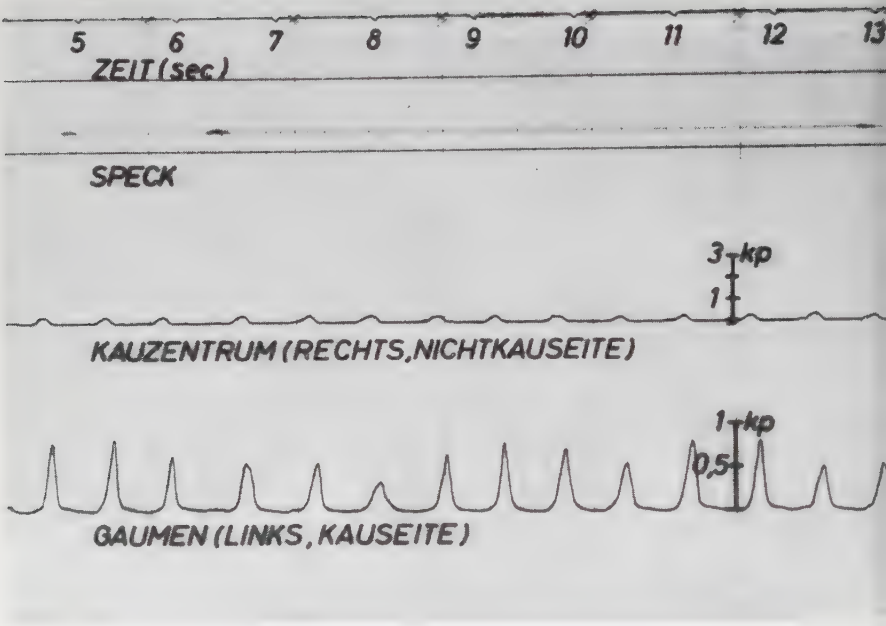


Abb. 26. Druckverlauf unter einer Oberkiefertotalprothese bei linksseitigem Gauen von Speck. Registrierung rechts in der Gegend des 2. Praemolaren und 1. Molaren, links im vorderen Drittel des harten Gaumens. Die Belastung am Gaumen ist doppelt so groß wie im Kauzentrum.

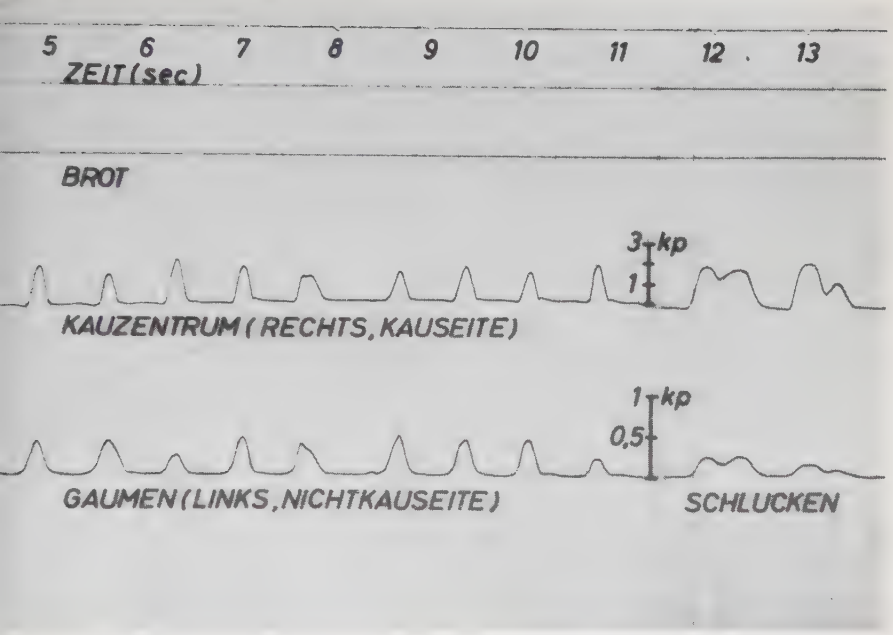


Abb. 27. Druckverlauf unter einer Oberkiefertotalprothese bei rechtsseitigem Kauen von Brot. (Registrierung siehe Abb. 25). Die Belastung im Kauzentrum ist viermal so groß wie am Gaumen. Die Schleimhautpressung beim Schlucken (die beiden letzten Kurven am rechten Bildrand) ist in diesem Falle im Kauzentrum fünfmal größer als am harten Gaumen.

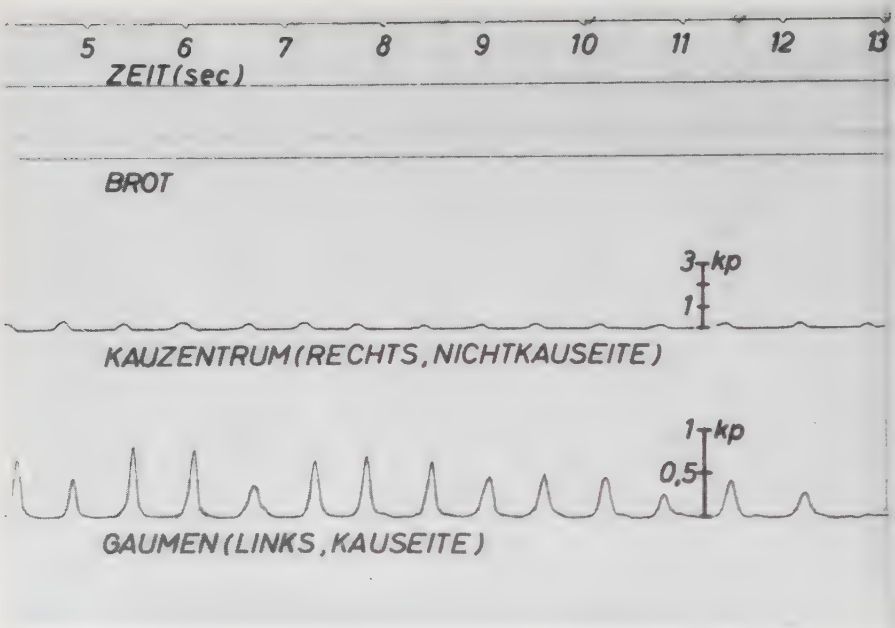


Abb. 28. Druckverlauf unter einer Oberkiefertotalprothese bei linksseitigem Kauen von Brot. (Registrierung siehe Abb. 25). Die Belastung am Gaumen ist viermal so groß wie im Kauzentrum.

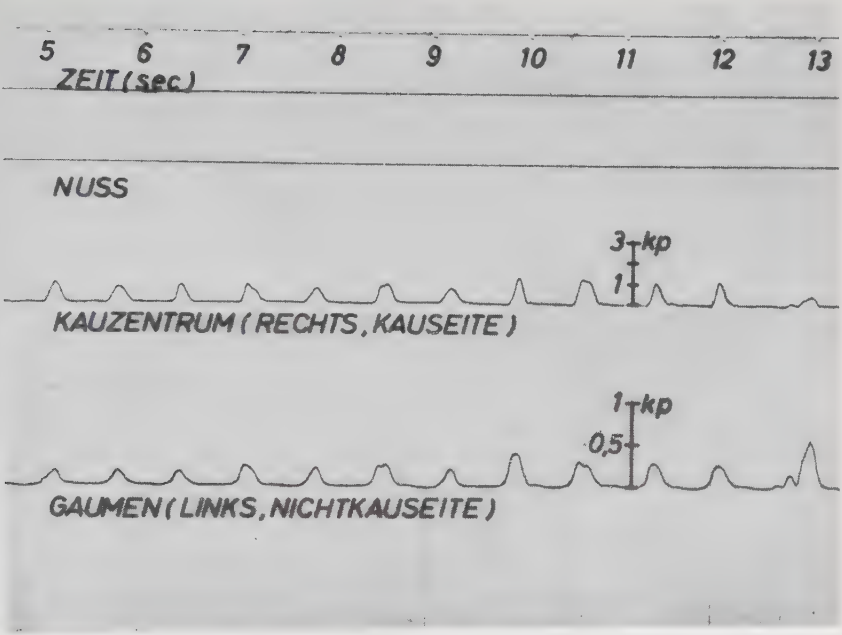


Abb. 29. Druckverlauf unter einer Oberkiefertotalprothese bei rechtsseitigem Kauen von Nüssen. (Registrierung siehe Abb. 25). Die Belastung im Kauzentrum ist dreimal so groß wie am Gaumen. Die am rechten Bildrand aufgezeichnete letzte Zacke entspricht der Schleimhautpressung bei einem Schluckakt.

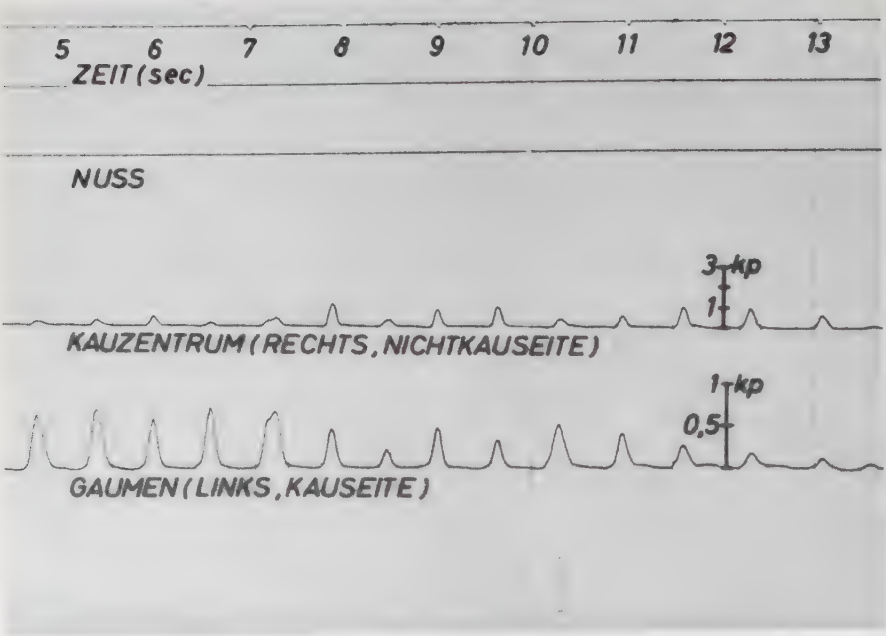


Abb. 30. Druckverlauf unter einer Oberkiefertotalprothese bei l i n k s s e i t i - g e m Kauen von Nüssen. (Registrierung siehe Abb. 25). Die Belastung am Gaumen ist ungefähr gleichgroß wie im Kauzentrum.

b) Protokollblätter der Versuchspersonen.

Patient I.

59-jährige Patientin, Hausfrau, trägt seit 8 Jahren im Oberkiefer eine Totalprothese. Der Unterkiefer mit den Restzähnen -3, -4, -5 ist mit einem gingival-paradental getragenen Ersatz versorgt. Der Oberkiefer zeigt eine sehr breite Basis mit gut erhaltenen Alveolarkämmen. Der Gaumen ist mittelhoch. Die Patientin ist mit ihren Prothesen zufrieden und kann nach ihren Angaben jegliche Nahrung kauen.

Kauzentrum

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	16		16		18	
Dauer d.Kauaktes in sec	0,62		0,62		0,55	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Belastungszeit in sec	0,26	0,15	0,20	0,18	0,18	0,10
Lastzeit in sec	0,38	0,24	0,35	0,26	0,34	0,20
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	4,00	1,00	3,00	1,50	3,20	1,30
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	3,15	0,84	2,41	1,07	2,61	0,98
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	1,20	1,00	0,60	0,80	1,20	1,20

Gaumen

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	16		16		18	
	0,62		0,62		0,55	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Lastzeit in sec	0,20	0,14	0,20	0,11	0,15	0,20
Belastungszeit in sec	0,31	0,29	0,40	0,22	0,30	0,30
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	1,10	0,20	1,00	0,20	0,80	0,50
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,78	0,12	0,51	0,13	0,63	0,24
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	0,70	0,50	0,50	0,50	0,60	0,40

Patient II.

62-jährige Patientin, Hausfrau, trägt seit 15 Jahren im Oberkiefer eine Totalprothese. Im Unterkiefer besteht ein anteriores Restgebiß, versorgt mit einem gingival-paradental getragenen Ersatz. Die Alveolarkämme des Oberkiefers sind mittelmäßig erhalten. Der Gaumen ist hoch. Die Patientin ist mit ihren Prothesen zufrieden.

Kauzentrum

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	14		18		14	
Dauer d. Kauaktes in sec	0,71		0,55		0,71	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Belastungszeit in sec	0,27	0,11	0,17	0,12	0,19	0,10
Lastzeit in sec	0,41	0,24	0,38	0,20	0,34	0,20
max. Schleimhautpressung im kp/0,25 cm^2	1,30	0,10	1,40	0,10	1,20	0,10
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	1,08	0,10	1,21	0,10	0,76	0,10
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	0,50	0,30	0,60	0,30	0,30	0,30

Gaumen

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	14		18		14	
Dauer d. Kauaktes in sec	0,71		0,55		0,71	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Lastzeit in sec	0,21	0,31	0,16	0,22	0,21	0,10
Belastungszeit in sec	0,41	0,46	0,31	0,30	0,35	0,24
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,30	0,13	0,31	0,13	0,20	0,18
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,24	0,10	0,28	0,11	0,17	0,12
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30

Patient III.

56-jähriger Patient, Landwirt, trägt seit 3 Jahren im Oberkiefer eine Totalprothese. Im Unterkiefer besteht ein anteriores Restgebiß, versorgt mit einem gingival-paradental getragenen Ersatz. Die Alveolarkämme des Oberkiefers sind stark atrophiert, die Tubera kaum vorhanden. Der Gaumen ist flach. Der Patient ist sehr empfindlich und kommt mit seiner prothetischen Versorgung schwer zurecht.

Kauzentrum

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	14		14		14	
Dauer d. Kauaktes in sec	0,71		0,71		0,71	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Belastungszeit in sec	0,15	0,10	0,22	0,18	0,18	0,10
Lastzeit in sec	0,38	0,20	0,38	0,25	0,33	0,22
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	1,20	1,10	3,50	1,70	1,90	0,80
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,87	0,67	1,55	1,27	1,24	0,58
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	0,60	0,60	0,50	1,70	0,60	0,60

Gaumen

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	14		14		14	
Dauer d. Kauaktes in sec	0,71		0,71		0,71	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Lastzeit in sec	0,20	0,16	0,22	0,15	0,22	0,10
Belastungszeit in sec	0,37	0,30	0,40	0,25	0,35	0,25
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,80	0,80	1,70	0,50	1,00	0,30
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,71	0,50	1,19	0,31	0,75	0,21
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	0,30	0,50	0,40	0,30	0,60	0,20

Patient IV.

65-jährige Patientin, Krankenschwester, trägt seit 20 Jahren im Ober- und Unterkiefer Totalprothesen. Der Oberkiefer zeigt eine sehr breite Basis mit gut erhaltenen Alveolarkämmen. Der Gaumen ist mittelhoch. Die Patientin ist mit ihren Prothesen zufrieden und kann nach ihren Angaben jegliche Nahrung kauen.

Kauzentrum

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	11		10		12	
Dauer d. Kauaktes in sec	0,90		1,00		0,83	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Belastungszeit in sec	0,20	0,20	0,34	0,25	0,28	0,20
Lastzeit in sec	0,40	0,39	0,60	0,41	0,41	0,38
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	3,20	3,20	2,30	2,00	3,20	3,20
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	2,88	2,33	1,82	1,69	2,20	2,39
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	2,00	1,00	0,60	1,30	1,80	1,50

Gaumen

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	11		10		12	
Dauer d. Kauaktes in sec	0,90		1,00		0,80	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Lastzeit in sec	0,38	0,28	0,25	0,31	0,27	0,30
Belastungszeit in sec	0,61	0,40	0,45	0,57	0,46	0,60
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,40	0,40	0,15	0,10	0,40	0,40
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,32	0,29	0,12	0,10	0,28	0,27
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	0,20	0,25	0,20	0,10	0,20	0,20

Patient V.

67-jährige Patientin, Rentnerin, trägt im Oberkiefer seit 7 Jahren, im Unterkiefer seit einem Jahr, Totalprothesen. Die Alveolarkämme des Oberkiefers sind stark atrophiert, die Tubera relativ gut erhalten. Der Gaumen ist mittelhoch. Die Patientin ist mit ihren Prothesen zufrieden und kann auch ihren Angaben jegliche Nahrung kauen.

Kauzentrum

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	17		17		17	
Dauer d. Kauaktes in sec	0,58		0,58		0,58	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Belastungszeit in sec	0,26	0,10	0,25	0,10	0,15	0,11
Lastzeit in sec	0,35	0,20	0,37	0,20	0,30	0,20
max. Schleimhautpressung in kp/o,25 cm^2	2,40	1,00	1,30	1,00	3,00	1,00
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	1,68	0,71	1,17	0,58	1,75	0,72
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	1,00	1,00	1,20	0,80	1,00	1,00

Gaumen

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	17		17		17	
Dauer des Kauaktes in sec	0,58		0,58		0,58	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Lastzeit in sec	0,21	0,22	0,15	0,20	0,22	0,20
Belastungszeit in sec	0,37	0,40	0,34	0,32	0,35	0,36
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,50	0,20	0,40	0,30	0,40	0,20
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,37	0,15	0,33	0,24	0,29	0,13
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30

Patient VI.

58-jährige Patientin, Hausfrau, trägt seit 23 Jahren im Oberkiefer eine Totalprothese. Der Unterkiefer mit den Zähnen 1-, -1, -2 ist mit einem gingival-paradental getragenen Ersatz versorgt. Die Alveolarkämme des Oberkiefers sind im Seitenzahngebiet gut erhalten, in der Front stark atrophiert. Der Gaumen ist hoch. Die Patientin ist mit ihren Prothesen zufrieden und kann nach ihren Angab jegliche Nahrung kauen.

Kauzentrum

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	14		15		17	
Dauer d. Kauaktes in sec	0,71		0,66		0,58	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Belastungszeit in sec	0,28	0,12	0,26	0,15	0,30	0,12
Lastzeit in sec	0,42	0,25	0,40	0,25	0,40	0,26
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	1,70	0,10	2,00	0,10	1,50	0,10
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	1,37	0,10	1,71	0,10	1,36	0,10
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	0,50	0,50	0,80	0,80	0,50	0,50

Gaumen

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	14		15		17	
Dauer d. Kauaktes in sec	0,71		0,66		o,58	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Lastzeit in sec	0,20	0,30	0,27	0,30	0,18	0,20
Belastungszeit in sec	0,40	0,45	0,40	0,42	0,30	0,35
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,40	0,30	0,60	0,30	0,30	0,40
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,32	0,23	0,45	0,25	0,23	0,20
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	0,30	0,30	0,40	0,40	0,30	0,20

Patient VII.

64-jähriger Patient, Gastwirt, trägt im Oberkiefer seit 10 Jahren, im Unterkiefer seit 3 Jahren Totalprothesen. Die Alveolarkämme des Oberkiefers sind gut erhalten. Der Gaumen ist mittelhoch. Der Patient ist mit seinen Prothesen zufrieden und kann nach seinen Angaben jegliche Nahrung kauen.

Kauzentrum

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	16		16		16	
Dauer des Kauaktes in sec	0,62		0,62		0,62	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Belastungszeit in sec	0,15	0,15	0,18	0,12	0,20	0,14
Lastzeit in sec	0,28	0,22	0,23	0,20	0,27	0,20
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	1,70	0,80	2,20	1,20	1,20	0,90
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	1,05	0.61	1,26	0,80	0,92	0,72
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	0,80	0,90	1,00	1,70	0,80	1,00

Gaumen

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	16		16		16	
Dauer d. Kauaktes in sec	0,62		0,62		0,62	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Lastzeit in sec	0,22	0,18	0,15	0,20	0,17	0,17
Belastungszeit in sec	0,41	0,25	0,30	0,30	0,28	0,30
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	1,70	0,90	1,30	0,90	1,20	1,20
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	1,25	0,73	0,90	0,66	0,79	0,76
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	0,75	1,10	0,80	0,50	0,60	0,30

Patient VIII.

68-jährige Patientin, Hausfrau, trägt seit 10 Jahren im Ober- und Unterkiefer Totalprothesen. Die Alveolarkämme des Oberkiefers sind gut erhalten, im rechten Seitenzahngebiet ist eine Atrophie feststellbar. Der Gaumen ist hoch. Die Patientin, ein etwas unruhiger Typ, hat gern an ihren Prothesen etwas auszusetzen

Kauzentrum

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	14		13		keine Messung	
Dauer d. Kauaktes in sec	0,71		0,77			
	KS	NKS	KS	NKS		
Belastungszeit in sec	0,34	0,20	0,29	0,28		
Lastzeit in sec	0,46	0,31	0,41	0,38		
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	2,00	0,50	2,20	0,90		
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	1,53	0,39	1,88	0,56		
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	1,10	0,80	0,90	1,00		

Gaumen

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	14		13		15	
Dauer d. Kauaktes in sec	0,71		0,77		0,66	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Lastzeit in sec	0,16	0,10	0,20	0,20	0,18	0,22
Belastungszeit in sec	0,27	0,22	0,30	0,29	0,35	0,30
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,30	0,30	0,20	0,10	0,70	0,30
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,20	0,19	0,16	0,10	0,47	0,24
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,30

Patient IX.

72-jähriger Patient, Studienrat i.R., trägt seit 7 Jahren im Oberkiefer eine Totalprothese. Im Unterkiefer besteht ein anteriores Restgebiß, versorgt mit einem gingival-paradental getragenen Ersatz. Die Alveolarkämme des Oberkiefers sind gut erhalten. Der Gaumen ist mittelhoch. Der Patient kann jegliche Nahrung kauen und ist mit seinen Prothesen völlig zufrieden.

Kauzentrum

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	13		13		15	
Dauer des Kauaktes in sec	0,77		0,77		0,66	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Belastungszeit in sec	0,20	0,15	0,20	0,10	0,20	0,10
Lastzeit in sec	0,35	0,29	0,32	0,20	0,35	0,20
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	2,20	1,10	2,90	1,10	2,50	1,50
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	1,64	0,83	2,12	0,77	1,87	0,98
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	0,50	0,50	1,20	1,10	1,50	1,00

Gaumen

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	13		13		15	
Dauer d. Kauaktes in sec	0,77		0,77		0,66	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Lastzeit in sec	0,18	0,19	0,10	0,14	0,11	0,11
Belastungszeit in sec	0,28	0,29	0,21	0,22	0,22	0,21
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	1,00	0,40	1,00	0,60	1,20	0,70
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,81	0,31	0,88	0,50	0,81	0,60
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	0,20	0,20	0,60	0,60	0,60	0,60

Patient X.

63-jährige Patientin, Rentnerin, trägt seit 14 Jahren im Ober- und Unterkiefer Totalprothesen. Der Oberkiefer ist ein Spitzkiefer mit stark atrophierten Alveolarkämmen und einem flachen Gaumen. Die Patientin ist infolge ihrer neuropathischen Veranlagung und einer daraus entstandenen Gastritis in laufender Behandlung. Sie kann sich an ihren prothetischen Ersatz nicht gewöhnen und trägt ihn deshalb meist nicht.

Kauzentrum

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	14		12		16	
Dauer d. Kauaktes in sec	0,71		0,83		0,62	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Belastungszeit in sec	0,17	0,12	0,23	0,12	0,21	-
Lastzeit in sec	0,30	0,23	0,40	0,23	0,33	-
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	1,00	0,70	1,60	1,00	0,60	-
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,87	0,50	1,21	0,78	0,42	-
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	-

Gaumen

	Speck		Brot		Nuß	
Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden	14		12		16	
Dauer d. Kauaktes in sec	0,71		0,83		0,62	
	KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Lastzeit in sec	0,12	0,27	0,27	0,20	0,18	-
Belastungszeit in sec	0,31	0,37	0,41	0,40	0,30	-
max. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,30	0,10	0,80	0,20	0,10	-
durchschn. Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2	0,23	0,10	0,48	0,16	0,10	-
Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	-

c) Zusammenstellung der Ergebnisse.

Aus den Protokollblättern konnten die Werte für Kaufrequenz, Belastungszeit, Lastzeit, maximale Pressung der Schleimhaut, durchschnittliche Pressung der Schleimhaut und Pressung der Schleimhaut beim Schlucken in den folgenden Tabellen zusammengefaßt werden:

		Speck	Brot	Nuß
Patient	I	16	16	18
"	II	14	18	14
"	III	14	14	14
"	IV	11	10	12
"	V	17	17	17
"	VI	14	15	17
"	VII	16	16	16
"	VIII	14	13	15
"	IX	13	13	15
"	X	14	12	16
Durchschnittswerte		14,3	14,4	15,4

Tabelle I. Anzahl der Kaubewegungen in 10 sec beim Kauen von Speck, Brot und Nüssen bei 10 Versuchspersonen. Die einzelne Versuchsperson kaut die verschiedenen Testspeisen mit nahezu gleicher Frequenz. Die Anzahl der Kaubewegungen liegt im Durchschnitt für Speck und Brot bei 14, für Nüsse bei 15.

Kauzentrum		Speck		Brot		Nuß	
		KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Patient	I	0,26	0,15	0,20	0,18	0,18	0,10
"	II	0,27	0,11	0,17	0,12	0,19	0,10
"	III	0,15	0,10	0,22	0,18	0,18	0,10
"	IV	0,20	0,20	0,34	0,25	0,28	0,20
"	V	0,26	0,10	0,25	0,10	0,15	0,11
"	VI	0,28	0,12	0,26	0,15	0,30	0,12
"	VII	0,15	0,15	0,18	0,12	0,20	0,14
"	VIII	0,34	0,20	0,29	0,28	-	-
"	IX	0,20	0,15	0,20	0,10	0,20	0,10
"	X	0,17	0,12	0,23	0,12	0,21	-

Gaumen		Speck		Brot		Nuß	
		KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Patient	I	0,20	0,14	0,20	0,11	0,15	0,20
"	II	0,21	0,31	0,16	0,22	0,21	0,10
"	III	0,20	0,16	0,22	0,15	0,22	0,10
"	IV	0,38	0,28	0,25	0,31	0,27	0,30
"	V	0,21	0,22	0,15	0,20	0,22	0,20
"	VI	0,20	0,30	0,27	0,30	0,18	0,20
"	VII	0,22	0,18	0,15	0,20	0,17	0,17
"	VIII	0,16	0,10	0,20	0,20	0,18	0,22
"	IX	0,18	0,19	0,10	0,14	0,11	0,11
"	X	0,12	0,27	0,27	0,20	0,18	-

Tabelle II. Belastungszeit in sec im Kauzentrum und am Gaumen beim Kauen von Speck, Brot und Nüssen von 10 Versuchspersonen. KS = Kauseite, NKS = Nichtkauseite. Im Kauzentrum ist die Belastungszeit auf der Kauseite durchschnittlich um 1/3 länger als auf der Nichtkauseite. Am Gaumen sind die Belastungszeiten der Kauseite und der Nichtkauseite nahezu gleich lang.

Kauzentrum

		Speck		Brot		Nuß	
		KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Patient	I	0,38	0,24	0,35	0,26	0,34	0,20
"	II	0,41	0,24	0,38	0,20	0,34	0,20
"	III	0,38	0,20	0,38	0,25	0,33	0,22
"	IV	0,40	0,39	0,60	0,41	0,41	0,38
"	V	0,35	0,20	0,37	0,20	0,30	0,20
"	VI	0,42	0,25	0,40	0,25	0,40	0,26
"	VII	0,28	0,22	0,23	0,20	0,27	0,20
"	VIII	0,46	0,31	0,41	0,38	-	-
"	IX	0,35	0,29	0,32	0,20	0,35	0,20
"	X	0,30	0,23	0,40	0,23	0,33	-

Gaumen

		Speck		Brot		Nuß	
		KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Patient	I	0,31	0,29	0,40	0,22	0,30	0,30
"	II	0,41	0,46	0,31	0,30	0,35	0,24
"	III	0,37	0,30	0,40	0,25	0,35	0,25
"	IV	0,61	0,40	0,45	0,57	0,46	0,60
"	V	0,37	0,40	0,34	0,32	0,35	0,36
"	VI	0,40	0,45	0,40	0,42	0,30	0,35
"	VII	0,41	0,25	0,30	0,30	0,28	0,30
"	VIII	0,27	0,22	0,30	0,29	0,35	0,30
"	IX	0,28	0,29	0,21	0,22	0,22	0,21
"	X	0,31	0,37	0,41	0,40	0,30	-

Tabelle III. Lastzeit in sec im Kauzentrum und am Gaumen beim Kauen von Speck, Brot und Nüssen von 10 Versuchspersonen. KS = Kauseite, NKS = Nichtkauseite. Die Lastzeit ist ungefähr um 1/3 länger als die Belastungszeit. Am Gaumen und im Kauzentrum sind die Lastzeiten nahezu gleich lang, wobei auf der Kauseite eine um ungefähr 1/10 längere Zeit als auf der Nichtkauseite gemessen wurde.

Kauzentrum		Speck		Brot		Nuß	
		KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Patient	I	4,00	1,00	3,00	1,50	3,20	1,30
"	II	1,30	0,10	1,40	0,10	1,20	0,10
"	III	1,20	1,10	3,50	1,70	1,90	0,80
"	IV	3,20	3,20	2,30	2,00	3,20	3,20
"	V	2,40	1,00	1,30	1,00	3,00	1,00
"	VI	1,70	0,10	2,00	0,10	1,50	0,10
"	VII	1,70	0,80	2,20	1,20	1,20	0,90
"	VIII	2,00	0,50	2,20	0,90	-	-
"	IX	2,20	1,10	2,90	1,10	2,50	1,50
"	X	1,00	0,70	1,60	1,00	0,60	-

Gaumen		Speck		Brot		Nuß	
		KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Patient	I	1,10	0,20	1,00	0,20	0,80	0,50
"	II	0,30	0,13	0,31	0,13	0,20	0,18
"	III	0,80	0,80	1,70	0,50	1,00	0,30
"	IV	0,40	0,40	0,15	0,10	0,40	0,40
"	V	0,50	0,20	0,40	0,30	0,40	0,20
"	VI	0,40	0,30	0,60	0,30	0,30	0,40
"	VII	1,70	0,90	1,30	0,90	1,20	1,20
"	VIII	0,30	0,30	0,20	0,10	0,70	0,30
"	IX	1,00	0,40	1,00	0,60	1,20	0,70
"	X	0,30	0,10	0,80	0,20	0,10	-

Tabelle IV. Maximale Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2 im Kauzentrum und am Gaumen beim Kauen von Speck, Brot und Nüssen von 10 Versuchspersonen. KS = Kauseite, NKS = Nichtkauseite. Als Höchstwert wurden im Kauzentrum 4 kp/0,25 cm^2, am Gaumen 1,7 kp/0,25 cm^2 gemessen.

Kauzentrum

		Speck		Brot		Nuß	
		KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Patient	I	3,15	0,84	2,41	1,07	2,61	0,98
"	II	1,08	0,10	1,21	0,10	0,76	0,10
"	III	0,87	0,67	1,55	1,27	1,24	0,58
"	IV	2,88	2,33	1,82	1,69	2,20	2,39
"	V	1,68	0,71	1,17	0,58	1,75	0,72
"	VI	1,37	0,10	1,71	0,10	1,36	0,10
"	VII	1,05	0,61	1,26	0,80	0,92	0,72
"	VIII	1,53	0,39	1,88	0,56	-	-
"	IX	1,64	0,83	2,12	0,77	1,87	0,98
"	X	0,87	0,50	1,21	0,78	0,42	-

Gaumen

		Speck		Brot		Nuß	
		KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Patient	I	0,78	0,12	0,51	0,13	0,63	0,24
"	II	0,24	0,10	0,28	0,11	0,17	0,12
"	III	0,71	0,50	1,19	0,31	0,75	0,21
"	IV	0,32	0,29	0,12	0,10	0,28	0,27
"	V	0,37	0,15	0,33	0,24	0,29	0,13
"	VI	0,32	0,23	0,45	0,25	0,23	0,20
"	VII	1,25	0,73	0,90	0,66	0,79	0,76
"	VIII	0,20	0,19	0,16	0,10	0,47	0,24
"	IX	0,81	0,31	0,88	0,50	0,81	0,60
"	X	0,23	0,10	0,48	0,16	0,10	-

Tabelle V. Durchschnittliche Schleimhautpressung in kp/0,25 cm^2 im Kauzentrum und am harten Gaumen beim Kauen von Speck, Brot und Nüssen von 10 Versuchspersonen. KS = Kauseite, NKS = Nichtkauseite. Im Kauzentrum auf der Kauseite beträgt die durchschnittliche Schleimhautpressung ungefähr 1,6 kp/0,25 cm^2. Auf der Nichtkauseite sind die Werte um mehr als die Hälfte niedriger. Die Werte am Gaumen betragen ungefähr 1/3 der im Kauzentrum gemessenen.

Kauzentrum		Speck		Brot		Nuß	
		KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Patient	I	1,20	1,00	0,60	0,80	1,20	1,20
"	II	0,50	0,30	0,60	0,30	0,30	0,30
"	III	0,60	0,60	0,50	1,70	0,60	0,60
"	IV	2,00	1,00	0,60	1,30	1,80	1,50
"	V	1,00	1,00	1,20	0,80	1,00	1,00
"	VI	0,50	0,50	0,80	0,80	0,50	0,50
"	VII	0,80	0,90	1,00	1,70	0,80	1,00
"	VIII	1,10	0,80	0,90	1,00	-	-
"	IX	0,50	0,50	1,20	1,10	1,50	1,00
"	X	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	-

Gaumen		Speck		Brot		Nuß	
		KS	NKS	KS	NKS	KS	NKS
Patient	I	0,70	0,50	0,50	0,50	0,60	0,40
"	II	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30
"	III	0,30	0,50	0,40	0,30	0,60	0,20
"	IV	0,20	0,25	0,20	0,10	0,20	0,20
"	V	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
"	VI	0,30	0,30	0,40	0,40	0,30	0,20
"	VII	0,75	1,10	0,80	0,50	0,60	0,30
"	VIII	0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,30
"	IX	0,20	0,20	0,60	0,60	0,60	0,60
"	X	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	-

Tabelle VI. Schleimhautpressung beim Schlucken in kp/0,25 cm^2 im Kauzentrum und am harten Gaumen beim Kauen von Speck, Brot und Nüssen von 10 Versuchspersonen. Der Durchschnittswert für das Kauzentrum liegt bei 0,87 kp/0,25 cm^2, für den Gaumen bei 0,36 kp/0,25 cm^2.
KS = Kauseite, NKS = Nichtkauseite.

8. Diskussion der Ergebnisse.

Fast jeder Patient besitzt eine eigene Kaugeschwindigkeit. Es gibt Personen, die alle drei Nahrungsmittel mit der gleichen Anzahl von Kaubewegungen zerkleinern und auch solche Patienten, die für jede Speise eine eigene Kauzahl gebrauchen. Im Mittel liegt die Anzahl der Kaubewegungen für Speck und Brot bei ungefähr 14/10 sec, für Nüsse bei 15/10 sec (Tabelle I). Ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der Kaubewegungen und den jeweils angewendeten Kaukräften läßt sich nicht ableiten.

Aufgrund der vorliegenden Untersuchung konnte festgestellt werden, daß die während des Kauens von Speck, Brot und Erdnüssen aufgewendeten Kaukräfte bei Totalprothesenträgern im Kauzentrum des Oberkiefers auf der Höhe des Alveolarkammes eine Pressung der Schleimhaut von ungefähr 1,6 kp/0,25 cm^2 bewirken. Das entspricht einer Schleimhautpressung von ungefähr 6,4 kp pro cm^2. Diese Werte stimmen mit den von E. Körber angegebenen Durchschnittsbelastungen auf dem Alveolarkamm überein (5,2 kp/cm^2). Diesem für die Kauseite ermittelten Wert, steht das Ergebnis der Nichtkauseite mit 0,76 kp/0,25 cm^2, also ungefähr 3 kp/cm^2, gegenüber. Aus der Tabelle V geht hervor, daß eine beträchtliche Differenz der individuellen Werte besteht. Für Speck liegen die Werte für die durchschnittliche Schleimhautpressung der Nichtkauseite zwischen 0,1 kp/0,25 cm^2 und 2,33 kp/0,25 cm^2. Im Mittel sind die Ergebnisse der Nichtkauseite um mehr als die Hälfte niedriger als diejenigen der Kauseite.

Die im vorderen Drittel des Gaumens registrierten Werte betragen ungefähr 1/3 der im Kauzentrum gemessenen. Auf der Kauseite liegen sie für Speck und Brot im Mittel ungefähr bei 0,52 kp/0,25 cm^2, für Nüsse bei 0,45/0,25 cm^2, auf der Nichtkauseite für alle drei Speisen ungefähr bei 0,27 kp/0,25 cm^2. Das entspricht einer Pressung der Gaumenschleimhaut von etwa 2 kp/cm^2 auf der Kauseite und von 1 kp/cm^2 auf der Nichtkauseite.

In der Tabelle VI ist die beim Schlucken aufgetretene Schleimhautpressung aufgezeichnet. Wie erwartet besteht zwischen Kauseite und Nichtkauseite kein Unterschied. Interessant ist, daß die Werte, die im vorderen Gaumendrittel registriert wurden, um mehr als die Hälfte kleiner sind als diejenigen des Kauzentrums. Im Kauzentrum liegen die Schluckwerte im Mittel ungefähr bei 0,87 kp/0,25 cm^2, am Gaumen bei 0,36 kp/0,25 cm^2. Dies ergibt für den Schluckakt eine Pressung im vorderen Drittel der Gaumenschleimhaut von 1,4 kp/cm^2 und für das Kauzentrum auf der Höhe des Alveolarkammes 3,4 kp/cm^2. Als Höchstwert wurden 8 kp/cm^2 registriert. Aus der durchschnittlichen Belastung im Kauzentrum und im vorderen Drittel des harten Gaumens geht her-

vor, daß die einzelnen Patienten die verschiedenen Speisen mit nahezu gleicher Kraft kauen. Allerdings ist zwischen den Patienten oft ein großer Unterschied festzustellen.

9. Folgerungen.

Die Kaudruckmessungen unter Prothesen haben gezeigt, daß es für die einzelnen Prothesenarten (total, partiell) ein besonders günstiges Kauzentrum gibt. Das Kauzentrum ist ein Ort, der zwischen den Zahnreihen liegt. Bei der Belastung dieses Ortes bzw. des Kauzentrums wird die beste Druckverteilung am Prothesenlager erreicht.

Bei der Totalprothese liegt das Kauzentrum in der Gegend des zweiten Praemolaren und ersten Molaren. Aus diesem Grunde sollte eine Totalprothese in Schaukelokklusion aufgestellt werden, d.h., daß beim Schlußbiß nur der 2. Praemolar und 1. Molar in Kontakt stehen, während der Frontzahnbereich und die 2. Molaren außer Kontakt stehen.

Bei der Teilprothese wird die Lage des Kauzentrums durch die Abstützungsart bestimmt. Bei einer rein schleimhautgetragenen Teilprothese muß, um eine gleichmäßige Belastung des Prothesenlagers zu erreichen, das Kauzentrum in der Mitte des Prothesensattels liegen. Bei der sattelnahen und sattelfernen Abstützung der Teilprothese muß das Kauzentrum am mesialen Rande des Prothesensattels liegen.

Je größer die Fläche eines Prothesensattels ist, um so geringer ist der absolute Druck auf das Prothesenlager. Da die sattelferne Abstützung einer Teilprothese einer Vergrößerung des Prothesensattels gleichkommt, sollte sie, wenn möglich, immer angewendet werden.

Aus diesen Gründen ergibt sich, daß, um eine gleichmäßige Belastung des Prothesenlagers zu erreichen, jeder Prothesenanfertigung die Lagebestimmung des Kauzentrums vorausgehen sollte.

10. Zusammenfassung.

Mit einer Meßmethode auf kapazitiver Grundlage wurde im Modellversuch untersucht, wie eine vertikal belastete, starre Fläche eine elastische Unterlage belastet. Die Druckverteilung wurde einmal unter einem Porothesensattel (im Modell) bei verschiedenen Abstützungsarten, zum zweiten unter einer Totalprothese (im Modell) gemessen. Für den rein schleimhautgetragenen Prothesensattel ergibt die Mittenbelastung, für den sattelnah abgestützten Prothesensattel und den sattelfern abgestützten Prothesensattel die Mesialbelastung die günstigsten Druckverhältnisse für das Prothesenlager. Die sattelferne Abstützung bewirkt eine gleichmäßig

Belastung von Stützpfeiler und Gingiva. Bei der Untersuchung der Totalprothese wurde festgestellt, daß bei einer Belastung der Prothese in der Gegend des 2. Praemolaren und 1. Molaren die beste Druckverteilung am Prothesenlager auftritt.

Weiterhin wurde bei 10 Totalprothesenträgern im Oberkiefer, einmal im Kauzentrum auf der Höhe des Alveolarkammes, zum anderen im vorderen Drittel des Gaumens, die durch das Kauen von Speck, Brot und Nüssen von der Prothese bewirkte Schleimhautpressung gemessen. Die Prothesen wurden nach Funktionsabdruck hergestellt. Bei allen Messungen wurden bestimmt: Anzahl der Kaubewegungen in 10 Sekunden, Dauer des einzelnen Kauaktes, Lastzeit und Belastungszeit, maximale Schleimhautpressung, durchschnittliche Schleimhautpressung und Schleimhautpressung während des Schluckaktes. Bei Brot und Speck wurden pro 10 Sekunden im Mittel 14, bei Nüssen 15 Kaubewegungen gezählt. Im Durchschnitt liegt die Belastungszeit bei 0,22 sec, die Lastzeit bei 0,36 sec. Die durchschnittliche Schleimhautpressung ergab auf der Kauseite im Kauzentrum bei Speck, Brot und Nüssen Mittelwerte von 6,4 kp/cm^2, auf der Nichtkauseite etwa 3 kp/cm^2, am Gaumen auf der Kauseite 2 kp/cm^2, auf der Nichtkauseite 1 kp/cm^2. Die durchschnittliche Schleimhautpressung beim Schluckakt beträgt im Kauzentrum ca 3,4 kp/cm^2, im vorderen Drittel des Gaumens 1,4 kp pro cm^2

Die Untersuchungen erlauben Folgerungen für die Aufstellung der Zahnreihen bei Totalprothesen und für die Abstützung partieller Prothesen am Restgebiß.

LITERATURVERZEICHNIS

BOUSSINESQ: "Application des potentials á l' étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques. Paris 1885.

FRÖHLICH, E.: "Das Verhalten des Kieferknochens unter dem Einfluß der schleimhautgetragenen Plattenprothese". Dtsch. zahnärztl. Zschr. 5, 1222, 1950.

"Prothetik als mechanischer Faktor bei Mundkrankheiten". Prothetik und Werkstoffkunde. Beilage zur Dtsch. zahnärztl. Zschr. 3, 477, 1954.

"Beiträge zur Ätiologie, Pathogenese und Therapie des Schlotterkammes". Dtsch. Zahn- Mund- und Kieferheilkunde, 27, 54, 1957.

HÄUPL, K.: Lehrbuch der Zahnheilkunde. Urban u. Schwarzenberg, München-Berlin, 1953.

KAIRES, K.: "A study of partial denture design and masticatory pressures in a mandibulare bilate oral distal extension case." J. of prosth. Dentistry 8, 340, 1958.

KÖRBER, E.: "Untersuchung über das Kauzentrum und den Belastungsausgleich bei Prothesen". Dtsch. zahnärztl. Zschr. 16, 268, 1961.

LAWSON, W. A.: "The validity of a method used for measuring masticatory forces". J. of prosth. Dentistry 10, 99, 1960.

SCHLAMPP, H.: "Die prothetische Behandlung des zahnlosen Unterkiefers". Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Vorträgen. H. 14,, 160, Carl Hanser Verlag, München 1954.

SCHLEICHER, F.: "Kreisplatten auf elastischer Unterlage". Habil. Techn. Hochschule Karlsruhe 1925, Zur Theorie des Baugrundes. Bauing. 1926, H. 7.

SCHWICKERATH, H.: "Elastizität und Druckverteilung". Dtsch. zahnärztl. Zschr. 15, 1266, 1960.

SPRENG, M. : "Die Prothese und die lebenden Gewebe". Apollonia-Verlag, Basel, 1945.

STROMBERG, W. R. : "A preliminary study of the measurement of denture base forces against the supporting tissues". J. of prosth. Dentistry 5, 252, 1955.

THIEL, v. H. : "Zur totalen Prothese". Zahnärztl. Welt 10, 6, 1955.

VOSS, R. : "Die Statik der totalen Platte". Dtsch. zahnärztl. Zschr. 13, 770, 1958.

ANHANG

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich für das Interesse, das er dieser Arbeit entgegenbrachte, und für die Durchsicht des Manuskriptes meinen Dank aussprechen. Herrn Dozent Dr. Erich Körber danke ich für die Überlassung des Themas und für die zahlreichen Anregungen während der Arbeit.

Mein Dank ergeht ferner an alle Patienten, die sich für die oft langwierigen Versuche zur Verfügung gestellt haben.

LEBENSLAUF

Am 7. Mai 1936 wurde ich, Horst Pfau, Sohn des Zahnarztes Kurt Pfau und seiner Ehefrau Cläre geb. Kurz in Stuttgart geboren. Von 1942 bis 1943 besuchte ich in Stuttgart, vom Herbst 1943 bis Sommer 1945 in Pliezhausen Krs. Tübingen, 1946 wieder in Stuttgart die Volksschule. 1956 legte ich am Karlsgymnasium in Stuttgart die Reifeprüfung ab und begann im SS 1956 das zahnmedizinische Studium an der Universität Tübingen. 1958 bestand ich das Physikum, 1961 das Staatsexamen.